

O tom, zda na počátku světa byla skutečně tma, by se jistě dalo diskutovat. Tato příslovečná tma nás však obklopuje vždy, když se začínáme seznámovat s novými poznatky, s novými (alespoň pro nás) přístroji, metodami atd. Je však pouze na nás, abychom ji rozptýlili: světlo přichází vždy postupně při získávání teoretických a praktických zkušeností a znalostí. A jako se ještě někdo nezačal učit matematiku od integrálů, nelze předpokládat, že by se mohl naučit dokonale zacházet např. s osciloskopem bez zvládnutí těch nejlemen-

stále vychází množství návodů na stavbu buď osciloskopů nebo jejich doplňků. Je však velmi málo článků (nebo vlastně téměř žádné), které by se zabývaly použitím osciloskopu. V posledním čísle RK, které bylo věnováno osciloskopům (č. 4/1972), byly sice uvedeny některé metody měření osciloskopem, většinou šlo však spíše o výběr speciálních měření a zkoušení – proto jistě čtenáři uvítají toto číslo RK, v němž jsou uvedeny praktické rady pro měření a zjišťování vlastností jednoduchých a běžných obvodů a součástek.

na počátku byla



T M A

tárnějších a nejjednodušších zkoušek a měření, bez porozumění činnosti obvodů osciloskopu, bez představy možností a vlastností osciloskopu z jeho technických údajů.

Naopak, lze předpokládat, že většina techniků si po ovládnutí všech uvedených praktických a teoretických znalostí dokáže poradit i se speciálními měřeními, k nimž lze osciloskop použít, nebo že si upraví, popř. zkonstruuje takové přípravky, které umožní použít osciloskop i v těch případech, v nichž to není dosud běžné.

V minulých číslech Radiového konstruktéra a Amatérského radia vyšlo a

Celý obsah je zpracován tak, aby bylo možné použít toto číslo RK i k názorné výuce doplňováním teoretických výkladů základů elektrotechniky a elektroniky pomocí osciloskopu, a aby byl obsah přitom zaměřen i na praxi.

Vlastní obsah (měření osciloskopem) je pak doplněn několika konstrukcemi, které umožňují jednak rozšířit použití osciloskopu, jednak zlepšit vlastnosti běžných osciloskopů (stejnosměrný zesilovač) a které ukazují použití moderních součástek v měřicí technice (stejnosměrný nanoampérmetr a voltmetr s velkým vstupním odporem).

„Jak na to“ s osciloskopem

Ing. J. Likovský

Použití osciloskopu je nyní již tak rozšířeno, že bychom obtížně hledali obor, kde by se jeho přednosti neuplatnily. Pochopitelně, maximálně je využíván v elektronice, neboť jevy, které chceme pozorovat, jsou vlastně elektrické průběhy a není tedy obtížné zobrazit je na osciloskopu. V mnoha jiných oborech techniky je úkol obtížnější, neboť musíme nejprve veličiny, které chceme pozorovat, převést na napětí nebo proud – to nám teprve umožní zobrazit průběhy těchto veličin.

Na dále uvedených příkladech chceme předvést některé základní možnosti použití osciloskopu. Není ovšem možné podat encyklopedický přehled všech možností, ani některá speciální využití. To není posláním tohoto přehledu, stejně tak se v první části RK nejedná o „stavební návody“ pro využití osciloskopu.

Na stránkách RK jste již našli stavební návody na amatérskou stavbu osciloskopu, např. v RK 4/1972 i s řadou měření. Návodů na stavbu existuje v našich odborných časopisech značné množství, někdy i pro úzké, speciální použití, jako např. v RK 2/1972.

Mnohem větší počet druhů (i speciálních) osciloskopů se vyrábí průmyslově. Výrobci u nás jsou TESLA Brno a ZPA. Osciloskopy, které dále uvádíme v přehledu, nemají speciální zaměření a jsou to většinou laboratorní přístroje. V přehledu uvádíme pouze základní elektrické vlastnosti.

BM 370 je nejmenším osciloskopem s obrazovkou o průměru 7 cm. Vertikální zesilovač je schopný přenášet pásmo od 1 Hz do 200 kHz a časová základna pracuje s kmitočty 20 Hz až 150 kHz.

Horizontální zesilovač přenáší pásmo 10 Hz až 200 kHz. Vertikální zesilovač budeme dále označovat, jak bývá zvykem, jako zesilovač Y, horizontální jako zesilovač X.

BM 420 je představitelem velkého osciloskopu. Zesilovač Y pracuje do 20 MHz, zesilovač X od 0 do 700 kHz. Časová základna je 5 s/cm až 0,1 μ s/cm.

BM 430 je představitelem nové, moderní skupiny velkých osciloskopů, jejichž vlastnosti lze v širokých mezích měnit výměnou jednotek. Zesilovač Y pracuje do 30 MHz, zesilovač X do 1 MHz (s použitím zásuvné jednotky, tj. zesilovače typu BP 4300). Časová základna pracuje od 0,5 s/cm do 1 μ s/cm. Dalšími doplňky k tomuto i jiným osciloskopům jsou; diferenciální předzesilovač BP 4304, časová základna BP 4306, sonda BP 4307.

BM 450 je podobně jako předchozí osciloskop vybaven zesilovači, které je možno měnit. I u tohoto typu je možné použít zesilovače, uvedené u BM 430. Zesilovač Y pracuje do 50 MHz, zesilovač X do 1 MHz, časová základna je 0,5 s/cm až 2 μ s/cm. Jako doplňky jsou vyráběny: předzesilovač BP 4500, dvoukanálový předzesilovač BP 4501, časová základna s rychlosí 0,5 s/cm až 0,05 μ s/cm typu BP 4506. Sonda pro tento osciloskop je shodná se sondou pro předchozí typ.

BM 461 je určen pro nízkofrekvenční pásmo. Zesilovač Y pracuje do 5 MHz, zesilovač X do 300 kHz a časová základna do 0,5 μ s/cm.

BM 462 má zesilovač Y, který pracuje do 1 MHz, zesilovač X do 300 kHz a časovou základnu od 1 s/cm do 0,5 μ s/cm.

BM 463 má dvoukanálový zesilovač Y, který přenáší pásmo do 15 MHz, zesilovač X pracuje do 500 kHz, časová základna je 0,5 s/cm až 0,5 μ s/cm.

BM 510 je možno použít pro měření do 1,5 MHz. Zesilovač X pracuje do 1 MHz a časová základna od 0,1 s/cm do 5 μ s/cm.

Kromě n. p. TESLA vyrábí dva typy osciloskopů ŽPA. Je to typ T 565 a D 581.

Typ T 565 je velmi rozšířeným osciloskopem a můžeme se s ním setkat na nejrůznějších pracovištích. Jeho charakteristickým rysem je skloněná část předního panelu a měřicí přístroj pod obrazovkou. Zesilovač Y tohoto osciloskopu přenáší pásmo do 1 MHz, zesilovač X do 500 kHz a časová základna pracuje s maximálním kmitočtem 30 kHz. Tento osciloskop patří tedy svými vlastnostmi do skupiny osciloskopů pro nízkofrekvenční měření. Typ T 565 je vybaven cejchovacím obvodem, který umožňuje snadno určit velikost zobrazených na- pětí.

D 581 je další osciloskop, vyráběný stejným výrobcem. Je to dvoupaprskový osciloskop, který má zesilovače i časovou základnu shodného provedení s typem T 565.

Většina z uvedených typů osciloskopů má ještě řadu dalších doplňků. Řada parametrů těchto osciloskopů není pochopitelně v tak kusém přehledu uvedena. Z doplňků uvádíme časové lupy, kalibrátory, synchronizátory a jiné obvody, které rozšiřují možnosti použití.

Pojem nízkofrekvenční měření, pro které jsou některé z uvedených osciloskopů určeny, je třeba upřesnit. Termínem nízkofrekvenční jsme zvyklí označovat kmitočty, které stačí lidský sluch zaznamenat. Víme však, že dobrý nízkofrekvenční zesilovač musí být schopen zpracovávat kmitočty i mimo slyšitelné pásmo. Tyto kmitočty lidské ucho sice nevnímá, pro kvalitu přenosu jsou však nutné. Máme-li pozorovat signály o kmitočtech do 200 kHz bez změn, způsobených vlastními zesilovači osciloskopu, musí být osciloskop schopen zpracovat je bez zkreslení. Není tedy u typu BM 510 označení „nízkofrekvenční“

neoprávněné, i když 1,5 MHz je vlastně „krátkovlnný“ konec středovlnného rozhlasového pásmá.

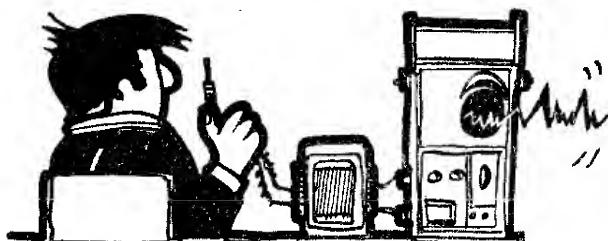
Tyto laboratorní přístroje lze vybavit ještě různými doplňky pro speciální využití. Pokud jsou určeny pro pozorování neelektrických jevů, musí být tyto jevy nejprve převedeny na elektrické signály.

Například světlo můžeme převést na elektrický signál mnoha způsoby. Nejznámější je převod fotočlánkem. Dopadá-li světlo do baňky fotočlánku na jeho katodu, vyvolá emisi elektronů, které jsou kladným napětím na anodě přitahovány. Je samozřejmé, že tok elektronů fotočlánkem je úměrný světelnému toku a lze tedy průběh snímaného napětí považovat za průběh světelného toku, který lze takto zobrazit osciloskopem. Pokud je baňka plněná plynem, pak kladným napětím urychlené elektrony způsobí rozštěpení molekul plynu a výsledný proud fotočlánkem je mnohem větší, než u vakuového fotočlánku.

Jednodušší princip je všeobecně znám a využíván v expozimetrech. Citlivý materiál po dopadu světelných paprsků je sám zdrojem elektrického proudu – není tedy třeba použít další zdroj napětí, jako je tomu u fotočlánku. Světlocitlivé prvky v expozimetrech mají však nevhodu pomalejší reakce na změnu světelného toku a nehodí se tedy pro pozorování rychlých průběhů.

Polovodičová technika zasáhla do všech odvětví elektroniky – i pro převod světelné energie na elektrickou se stále více používají polovodičové prvky, a to buď fotodiody, nebo fototranzistory.

Dalším světlocitlivým prvkem je fotoodpor. Pokud není citlivá část osvětlena, má tento prvek velký odpor a chová se téměř jako izolant. Osvětlením se jeho odpor prudce zmenšuje. Fotoodpor potřebuje tedy vnější zdroj stejno-



směrného napětí. Nevýhodou tohoto prvku je také pomalejší reakce na změny světelného toku. Ovšem možností využít tohoto nenáročného a spolehlivého prvku je dostatek (RK 1/73, RK 1/74).

Fotodiody např. mají i typickou vlastnost polovodičů (zvláště pak germaniové) – jsou citlivé na teplo. Toho lze využít, potřebujeme-li převést teplotní změny na elektrické napětí. Ovšem změny teploty nebývají natolik rychlé, aby bylo nutné používat k jejich pozorování osciloskop. Přímým zdrojem napětí při změně teploty a i při konstantní teplotě jsou termoelektrické články. Teplotu lze pak sledovat měřicími přístroji, které jsou cejchovány ve °C. Možnost převádět tepelnou energii na elektrickou dává např. i teplotně závislý odporový materiál, jímž může být např. odporový drát. Bývá ho převážně využíváno v můstkovém zapojení. Vyházený stav můstku je porušen zahřátím jednoho z prvků: napěťový rozdíl mezi rameny můstku lze pak přímo sledovat. Výhodou můstkového zapojení je, že část můstku může být i velmi vzdálena od místa měření, neboť vliv délky vedení lze kompenzovat prvky můstku.

Mechanické prodloužení, zkrácení nebo tlak lze velmi dobře indikovat jako změnu kapacity nebo indukčnosti. Vyhodnocení může být přímé, nebo pomocí oscilačního obvodu, u něhož mechanické změny vyvolají změnu oscilací. Mimoto lze pomalé změny převést např. na pohyb běžce potenciometru.

Opakující se jevy – kmitání, můžeme na napětí převést velmi snadno pomocí mikrofonu, ať už běžného nebo dotykového. Akustické jevy, jak známo, lze na elektrický signál převést nejsnadněji.

Uvedené způsoby nevyčerpávají zdaleka všechny možnosti použití osciloskopu, kterých je v každém oboru velké množství.

Osciloskop má dva zesilovače, jeden pro zesílení napětí svisle vychylujícího, druhý pro vodorovné vychýlení. Zesilovač pro svislé vychylování říkáme vertikální zesilovač, jeho stejnosměrný vstup označujeme zkratkou DC. U některých osciloskopů je použito k označení tohoto vstupu symbol pro stejno-

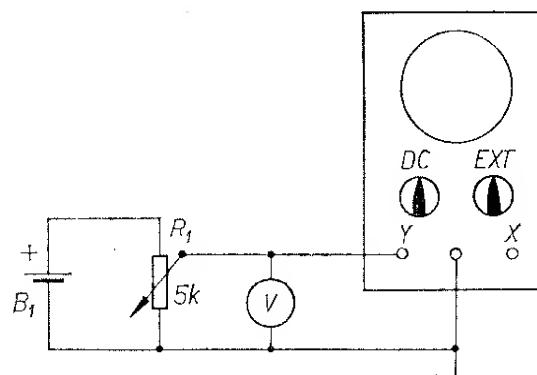
směrný proud (=). Vstup pro střídavý signál se označuje nejčastěji AC. Druhý zesilovač, pro vodorovné vychylování, který pracuje buď s časovou základnou, nebo je přepnuto na vstupní zdírky, nazýváme horizontální zesilovač. Může být přepnuto na INT – v tomto případě je připojen na časovou základnu, nebo na EXT, kdy je přepnuto na vstupní zdírky. Ve třetí poloze přepínače se přivádí na horizontální zesilovač střídavé napětí pro synchronizaci se sítí.

Časovou základnu můžeme synchronizovat buď signálem vertikálního zesilovače (poloha přepínače značená INT), nebo vnějším signálem v poloze EXT. Ve třetí poloze, označené 50 Hz, synchronizujeme základnu sítovým napětím.

Abychom se seznámili lépe s osciloskopem, s nímž budeme pracovat, ocejchujeme nejprve vertikální zesilovač, neboť ten zesiluje napětí, která chceme pozorovat.

Cejchování vertikálního zesilovače (zesilovače Y)

1. Běžec potenciometru natočit do polohy, kdy je u uzemněného dorazu (obr. 1).
2. Zesilovač X přepnout na EXT, zesilovač Y na stejnosměrný vstup DC. Ovládacími prvky posuvu nařídíme světelný bod do středu obrazovky a ovládacími prvky jasu a ostrosti stopy nastavíme zřetelně ohrazenou, ne příliš světlou („přejasnovou“) stopu. Přílišným jasem stopy (pokud ho vysloveně nepotřebujeme k některému z pokusů) zmenšíme citlivost a



Obr. 1. Cejchování zesilovače Y

zkracujeme dobu života citlivé vrstvy obrazovky.

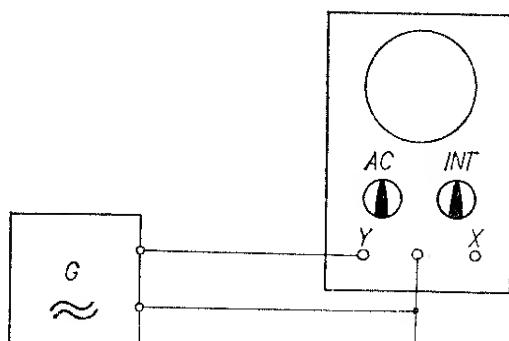
- Po připojení baterie zvětšujeme napětí otáčením běžce potenciometru. Současně měříme napětí voltmetrem. Posuv světelného bodu měříme a vynášíme graficky závislost napětí a příslušné výchylky.
- Stejně postupujeme při obrácené pólované baterii. Před přepolováním je třeba otočit běžcem potenciometru k uzemněnému dozoru.
- Stejně postupujeme při různých nastaveních vstupního děliče. Má-li osciloskop plynulou regulaci vstupního signálu potenciometrem, je třeba zhotovit graf, na němž budou vyneseny délky stupnice potenciometru.

Většina osciloskopů je zapojena tak, že kladné napětí, přivedené na vstupní svorky, tedy napětí s uzemněným záporným pólem, posune světelnou stopu směrem nahoru. Při přepolování baterie pak zvětšování záporného napětí proti kostře posouvá světelný bod směrem dolů.

Toto měření nás jednak seznámí s vlastnostmi vertikálního zesilovače, jednak pomocí zjištěných údajů můžeme po delší době překontrolovat, zda nedošlo k odchylce. Některé osciloskopy mají ve své dokumentacicejchovní tabulkou obou zesilovačů, u některých (např. T 565) je přímo dejchovní obvod.

Cejchování časové základny

- Tónový generátor nastavíme na nejnižší kmitočet, při němž ještě spolehlivě pracuje (obr. 2).



Obr. 2. Cejchování časové základny

- Zesilovač X přepneme na INT , zesilovač Y nastavíme tak, aby na stínítku byl jeden kmit signálu zvoleného kmitočtu. Počet kmitů na stínítku řídíme ovládacím prvkem časové základny.
- Změříme délku obrazu. Na tónovém generátoru přečteme kmitočet a vypočteme dobu trvání jednoho kmitu.
- Opakujeme toto měření při jiných kmitočtech generátoru i časové základny.

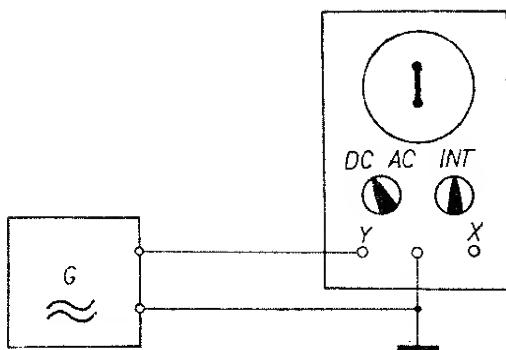
U větších moderních osciloskopů lze časovou základnu nastavit velmi přesně, takže není popsáno kalibrování nutné. Můžeme ovšem touto metodou časovou základnu kontrolovat, nebo novou časovou základnu ocejchovat.

Z údaje tónového generátoru víme, že při 20 Hz trvá jeden kmit 1/20 sekundy, což je 0,05 s, čili 50 ms. Je-li na stínítku zobrazen jeden kmit, znamená to, že světelná stopa uběhne v horizontálním směru 8 cm za 0,05 s. (Při stínítku obrazovky osciloskopu o průměru 10 cm uvažujeme pouze šířku např. 8 cm, neboť ke kraji je obrazovka zakřivená.) Časová základna potřebuje 0,00625 s pro dráhu jednoho cm světelné stopy. Pokud bychom využili celého stínítka obrazovky, např. 10 cm pro 1 kmit stejného kmitočtu, změní se čas, potřebný k dráze světelné stopy 1 cm, na 0,005 s.

Ponecháme nastavení tónového generátoru a změnou kmitočtu časové základny nastavíme na stínítku 2 celé kmity. V tomto případě potřebuje světelná stopa 100 ms, aby zobrazila 2 kmity na délce 10 cm, čili časová základna je nastavena na 0,01 s/cm. Tímto způsobem můžeme sestavit graf, který nám usnadní práci při měření časových úseků.

Měření sinusového napětí

- Nízkofrekvenční generátor nastavíme na střední kmitočet, např. 800 Hz, a jeho výstupní napětí asi na 1 V (obr. 3).
- Zesilovač X přepneme na INT a zesilovač Y a časovou základnu nastavíme tak, aby na stínítku obrazovky byla přímka. Potom zesilovač Y přepneme ze stejnosměrného vstupu DC na střídavý (AC) a sledujeme, zda se obraz nemění či neposouvá.
- Změříme délku úsečky a z grafu přečteme, jakému napětí odpovídá délka úsečky.



Obr. 3. Měření sinusového napětí

Pro větší přesnost je třeba dosáhnout ostrého obrazu, proto musí být osciloskop nařízen na nejmenší jas.

Nízkofrekvenční generátor dodává sinusové napětí, jehož střední hodnota je rovna nule, neboť pravidelně se střídající kladná a záporná maxima jsou při aritmetickém součtu rovna nule.

Při ostrém obrazu můžeme pozorovat zvětšení jasu na koncích kmitu, což je způsobeno nejmenší rychlostí světelné stopy v okamžiku průchodu maximem. Největší rychlosť má světelná stopa při průchodu osou, což se v našem obrázku projevuje jako tenká přímka a tedy i snížení jasu.

Délka úsečky, kterou převedeme na napětí pomocí grafu, udává špičkovou hodnotu od kladného do záporného maxima (mezivrcholové napětí), což je dvojnásobek špičkové hodnoty napětí.

Toto měření má svůj význam, neboť u rychlých jevů (krátkodobých impulsů) je velmi pohodlné a prakticky jedinou možností, jak s velkou přesností zjistit skutečné, okamžité napětí. Klasické ručkové měřicí přístroje (i galvanoměry) mají totiž určitou setrvačnost, takže přesnou okamžitou velikost napětí jimi měřit nelze. U kmitů nepravidelných průběhů je tento způsob měření optimální.

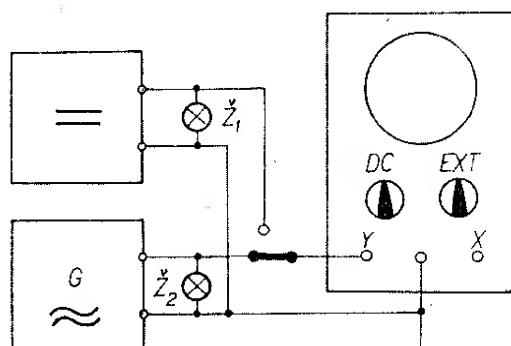
Měření efektivní hodnoty střídavého napětí

1. Napětí tónového generátoru i regulovatelného stejnosměrného zdroje nařídíme na nulu, shodné žárovky zapojíme jednu na tónový generátor, druhou na zdroj stejnosměrného napětí (obr. 4).

- Zesilovač X přepneme na EXT a zesilovač Y na DC. Ovládacími prvky posuvu X a Y nařídíme světelnou stopu na střed stínítka obrazovky.
- Nastavíme stejnosměrné napětí tak, aby vlákno žárovky bylo právě rozžhavené. Posuv světelné stopy, odpovídající tomuto napětí, převedeme na napětí podle dříve zjištěného grafu.
- Napětí tónového generátoru (kmitočet 800 Hz) zvětšujeme, až vlákno druhé žárovky bude žhnout stejně, jako u první žárovky, která je napájena stejnosměrným proudem. Změříme délku stopy na stínítku a převedeme ji na napětí podle grafu.

Délka úsečky, odpovídající střídavému napětí, je větší, než byla délka posuvu stopy, odpovídající stejnosměrnému napětí. Svit vlákna, který jsme nastavili stejný u obou žárovek, je úměrný dodanému výkonu. Dodává-li zdroj např. stejnosměrný proud o napětí 1,41 V, které rozžhaví vlákno, zjistíme, že pro stejný stupeň rozžhavení při střídavém napětí je stopa na stínítku tak dlouhá, že to odpovídá napětí 4 V. Je třeba si uvědomit, že na stínítku jsou viditelná obě maxima, která následují po sobě. Pro rozžhavení vlákna je polarita zdroje nepodstatná a teplota vlákna závisí pouze na napětí. Střídavé napětí, které způsobí stejné rozžhavení vlákna, má špičkovou velikost 2 V. Efektivní hodnota napětí, která odpovídá svými účinky stejnosměrnému napětí se vypočte, dělíme-li špičkové napětí odmocninou ze dvou.

Po skončení početního úkonu zjistíme, že efektivní hodnota střídavého napětí

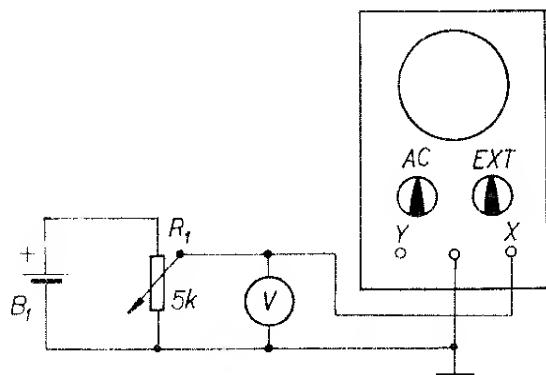


Obr. 4. Měření efektivní hodnoty střídavého napětí

je 1,41 V, což odpovídá napětí stejnosměrného zdroje.

Cejchování horizontálního zesilovače

- Při rozpojeném obvodu baterie nastavíme běžec k uzemněnému konci potenciometru (obr. 5).



Obr. 5. Cejchování horizontálního zesilovače

- Zesilovač X přepneme na EXT a ovládacími prvky posuvu Y a X nařídíme jasou a ostrou stopu ve středu stínítka obrazovky. Je třeba dbát na to, aby jas stopy nebyl příliš veliký (důvody byly již uvedeny).
- Po zapnutí spínače pohybujeme běžcem potenciometru a zaznamenáváme velikost výchylky pro různá napětí, měřená voltmetrem.
- Vráťme běžec potenciometru do původní polohy, přepolujeme baterii a voltmetr.
- Zopakujeme měření, uvedené pod bodem 3 při jiných nastaveních děliče, případně vstupního potenciometru.

Vychylovací destičky obrazovky bývají většinou zapojeny tak, že kladné napětí proti kostře posouvá světelný paprsek doprava. Z různých nastavení děliče a z různých napětí, nastavených potenciometrem, sestavíme tabulku, ze které pak vyneseme graf. Tento graf nám může v budoucnosti sloužit ke kontrole: využijeme ho i v dalších měřeních.

U kvalitnějších osciloskopů novější konstrukce bývá v dokumentaci i tento graf.

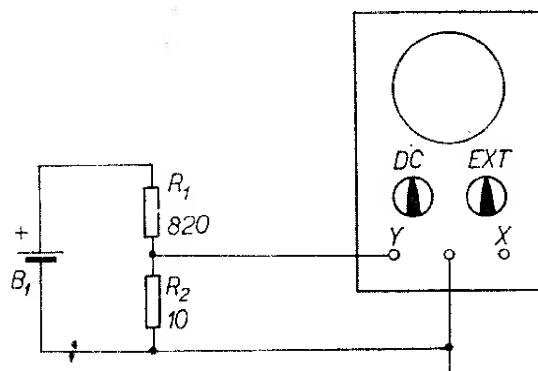
Měření proudu

- Zesilovač X přepneme na EXT a zesilovač Y na stejnosměrný vstup, tj. DC. Svislým a vodorovným posuvem nařídíme světelnou stopu do středu stínítka obrazovky. Jasem a ostrostí nastavíme maximální ostrost při právě dostačujícím jasu (obr. 6).
- Z baterie prochází proud nejprve odporem R_1 , který omezuje velikost proudu, a potom odporem R_2 , na němž vznikne úbytek napětí, který je úměrný velikosti proudu. Velikost napětí na R_2 zjistíme ze stínítka obrazovky pomocí grafu. Ze zjištěného napětí a známého odporu pak vypočítáme proud.
- Přepolujeme baterii a výše uvedený pokus opakujeme znovu a výsledky srovnáme.

Po uzavření proudového obvodu prochází proud oběma odpory od jednoho pólu baterie k druhému. Průchod proudu odporem působí úbytek, úměrný velikosti odporu a velikosti procházejícího proudu. Je-li uzemněn záporný pól baterie, posouvá se světelná stopa směrem nahoru, po přepolování baterie a uzemnění kladného pólu se posune stopa dolů.

Z grafu určíme velikost napětí, odpovídající výchylce světelné stopy a pak z odporů a napětí vypočteme proud. Přesnost této metody měření proudu závisí na přesnosti, s jakou jsme si zhotovili graf a dále na přesnosti odporu, který je paralelně ke vstupu zesilovače.

Tento způsob měření proudu uvádíme pouze jako doplněk měření, neboť stejnosměrné proudy lze daleko přesněji a lépe měřit ampérmetrem nebo běžným

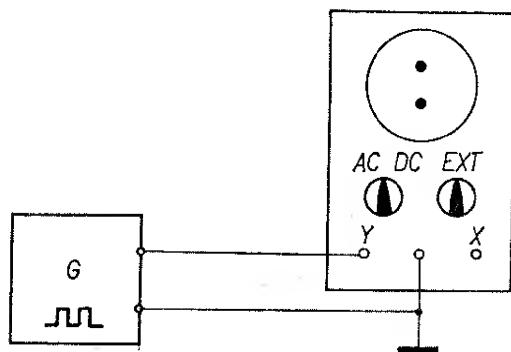


Obr. 6. Měření proudu

univerzálním měřicím přístrojem. V jednom případě má však před uvedenými ručkovými přístroji tato metoda přednost: chceme-li znát velikost krátkodobé proudové špičky, můžeme ji zjistit pouze tímto způsobem. Přitom nám vychýlení stopy udává nejen její velikost, ale i polaritu.

Měření rozkmitu napětí pravoúhlého průběhu

1. Výstupní napětí generátoru napětí pravoúhlého průběhu přivedeme na vstup zesilovače Y (výstupní napětí asi $1 V$ a střída $1:1$, obr. 7).



Obr. 7. Měření napětí pravoúhlého průběhu

2. Zesilovač X přepneme na INT a časovou základnu a zesílení nastavíme tak, aby na stínítku obrazovky byly dobré patrný horní i dolní části kmitů pravoúhlého průběhu.
3. Zesilovač X přepneme na EXT a ovládací prvek jasu nastavíme tak, aby byly oba body dobrě vidět.
4. Z dříve zhotoveného grafu přečteme napětí, odpovídající vzdálenosti obou bodů.
5. Změnou střídy na jiný poměr pozorujeme na stínítku, jak ubývá jas jednoho bodu na úkor druhého.

Napětí pravoúhlého průběhu mění skokem svoji velikost, periodicky se opakuje dolní a horní úroveň. Střída kmitů určuje poměr trvání dolní úrovně k horní úrovni. Pokud je trvání horní úrovně stejně dlouhé jako trvání dolní úrovně je střída $1:1$ a pravoúhlé kmity jsou symetrické. Při změně tohoto poměru se

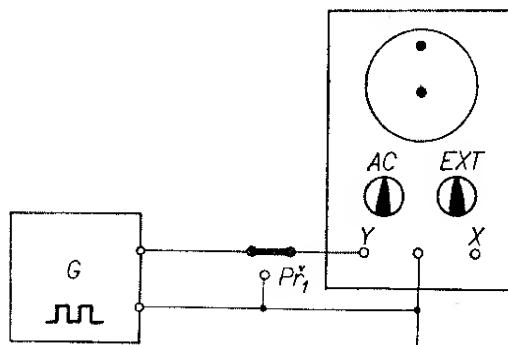
zvětšuje buď horní úroveň na úkor dolní, nebo obráceně.

Je pochopitelné, že na stínítku dopadne více energie při té úrovni, která má delší trvání. Rozdíl jasu obou bodů je tím větší, čím je větší rozdíl úrovně a tedy i střída. Rozkmit obou úrovní zjistíme z našeho grafu.

Měření střední hodnoty napětí pravoúhlého průběhu

1. Generátor pravoúhlých kmitů nastavíme na kmitočet asi $800 Hz$ a amplitudu výstupního signálu na $1 V$. Střídu pravoúhlých kmitů nastavíme na $1:1$ (obr. 8).
2. Zesilovač Y přepneme na DC , ovládacími prvky zesilovače X , jasu a posuvu nastavíme bod (světelnou stopu) do středu stínítka obrazovky (bez signálu).
3. Zesílení zesilovače Y nastavíme tak, aby při signálu, přivedeném na jeho vstup byla vzdálenost obou světelných bodů rovna přibližně polovině průměru stínítka.
4. Přepneme zesilovač Y na AC a změříme vzdálenost bodů a z grafu přečteme odpovídající napětí.
5. Změníme střídu pravoúhlých kmitů a měření zopakujeme.

Výstupní napětí generátoru pravoúhlých kmitů obsahuje obvykle také stejnosměrné napětí, proto není střední hodnota výstupního napětí rovna 0 . Uzemněním živé svorky zesilovače Y a odpojením generátoru zjistíme polohu světelné stopy, která odpovídá nulové úrovni. Pokud světelné stopy při připojeném generátoru nemají stejnou vzdálenost od nulové úrovně, znamená to, že



Obr. 8. Měření střední hodnoty napětí pravoúhlého průběhu

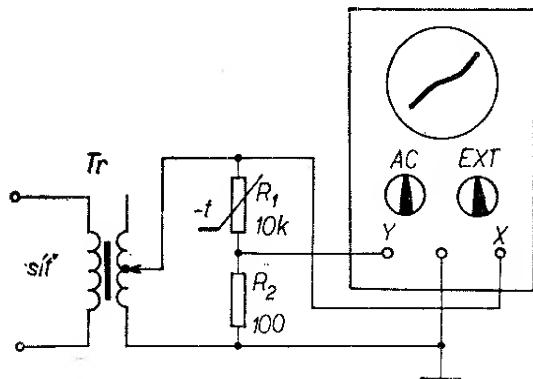
symetrické střídavé napětí z generátoru obsahuje stejnosměrnou složku.

Přepnutím vstupu zesilovače Y na AC se stejnosměrná složka oddělí a světelné stopy by měly mít stejnou vzdálenost, jako při prvním uspořádání, pouze obraz bude níže o velikost stejnosměrné složky. Světelná stopa je pak periodicky vychylována přiváděným napětím, které střídá horní a dolní úroveň, čímž vznikne na stínítku dvojice světelných stop, jejichž vzdálenost odpovídá rozkmitu špička-špička.

Změnou střídy pravoúhlých kmitů se mění střední hodnota a tím se obě světelné stopy posouvají.

Měření voltampérové charakteristiky napěťově závislého odporu

- Ke zdroji střídavého napětí asi 10 V, 50 Hz (buď izolační transformátor nebo tónový generátor) připojíme nejprve běžný a pak napěťově závislý odpor v sérii s velmi malým odporem (1 : 100, obr. 9).



Obr. 9. Měření voltampérové charakteristiky napěťově závislého odporu

- Napětí mezi zemí a společným bodem odporů přivedeme na zesilovač Y a napětí na závislém odporu na zesilovač X.
- Časovou základnu přepneme na EXT a zesilovač Y na DC, ovládacími prvky posuvu světelné stopy přesuneme stopu pod střed stínítka.

Pokud by oba odpor byly stejného typu (tedy ne napěťově závislé), mohli bychom změnou zesílení zesilovačů osciloskopu nařídit na stínítku obrazovky

světelnou stopu jako přímku, přecházející šíkmo přes stínítko.

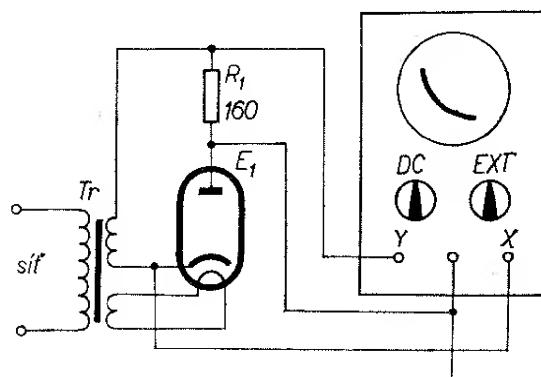
Přiváděné napětí se na velkém odporu mění a vychyluje světelnou stopu ve svislém směru. Změna napětí na tomto odporu vyvolá i změnu proudu v obou odporech. Napěťové změny na malém odporu, zesílené zesilovačem X, vychylují světelnou stopu vodorovným směrem. Protože změny napětí na obou odporech jsou závislé na jednom společném činiteli (napětí), zobrazuje se na stínítku rovná přímka.

V našem případě je jeden z odporů napěťově závislý: nelinearity tohoto prvku způsobí zakřivení stopy na stínítku obrazovky.

Měření voltampérové charakteristiky diody

- Zdroj střídavého napětí (transformátor) připojíme mezi anodový odpor a katodu vakuové diody. Bod mezi anodovým odporem a anodou uzemníme, druhý konec odporu spojíme se zdrojem střídavého napětí a vstupem zesilovače Y. Katodu diody spojíme se zdrojem a se vstupem zesilovače X (obr. 10).
- Zesilovač X přepneme na EXT a zesilovač Y na DC, ovládacími prvky posuvu světelné stopy přesuneme stopu pod střed stínítka.
- Na stínítku nastavíme změnu napětí a změnu zesílení zesilovače Y charakteristiku diody.

Zvětšováním napětí se stopa na stínítku obrazovky vychýlí značně nad střed, je-li napětí na X záporné. Výchylka Y



Obr. 10. Měření voltampérové charakteristiky diody

je úměrná proudu, procházejícímu diodou: proud potrvá, pokud má katoda byť i malé záporné napětí proti anodě. Je-li napětí na X záporné (vpravo od nulového bodu), neteče diodou žádný proud, neboť katoda je vůči anodě kladná.

Zvětšováním napětí na Y se objeví na horní části obrázku částečné zploštění. Toto zploštění znamená, že proud se již nezvětšuje se zvětšujícím se napětím anody. Je to způsobeno tím, že v okamžicích kladného napětí na anodě vydává katoda všechny elektrony, které je schopna vydávat a rostoucí „síla“ anody, způsobená větším napětím, nemůže přitáhnout více elektronů. Zvětšením žhavicího napětí se zvětší schopnost katody emitovat – v tom případě se zploštění křivky přesune výše.

Měření voltampérové charakteristiky polovodičové diody

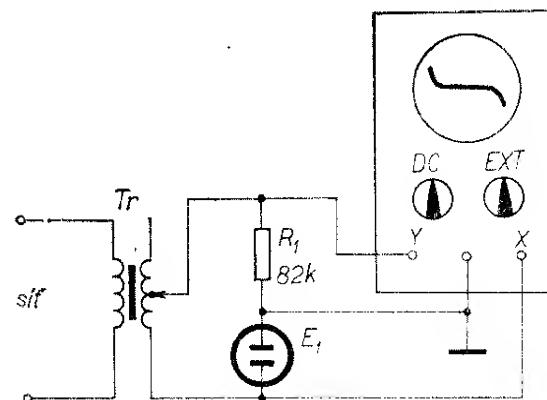
1. Zesilovač X přepneme na EXT a vstup zesilovače Y přepneme na DC. Ovládacími prvky posuvu X a Y nařídíme stopu do středu spodní poloviny obrazovky (obr. 11).

Je-li přiváděné střídavé napětí polarizováno tak, že dioda je v propustném směru, prochází odporem i diodou maximální proud. Kladné napětí na odporu a tedy i na zesilovači Y proti zemi způsobuje maximální výchylku světelné stopy na stínítku obrazovky ve svislém směru (dioda ve vodivém stavu klade proudu nepatrný odpor). Je tedy napětí na diodě minimální. Při obrácené pola-

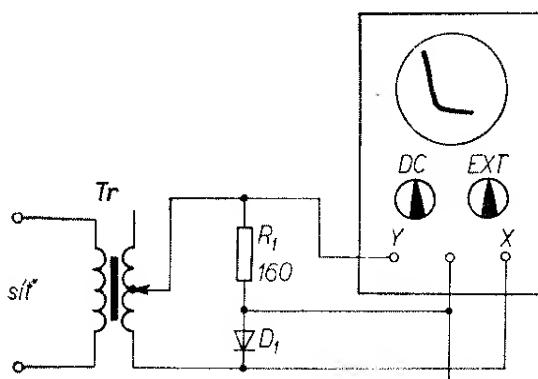
ritě je na polovodičové diodě maximální napětí (tedy i na zesilovači X). Toto napětí vychylí světelnou stopu nejvíce doprava. Ve svislém směru je výchylka minimální, neboť je úměrná úbytku napětí na odporu, kterým v tomto případě protéká zbytkový proud diody. Napětí na tomto odporu u dobré diody, jež zpětný proud je rádu mikroampér, je prakticky zanedbatelné.

Měření voltampérové charakteristiky doutnavky

1. Z oddělovacího regulačního transformátoru napájíme doutnavku, která je ke zdroji střídavého napětí připojena přes odpor. Regulační transformátor má mít oddělené primární a sekundární vinutí; pokud to není možné, je třeba před regulační transformátor zařadit izolační převodní transformátor (obr. 12).



Obr. 12. Měření voltampérové charakteristiky doutnavky



Obr. 11. Měření voltampérové charakteristiky polovodičové diody

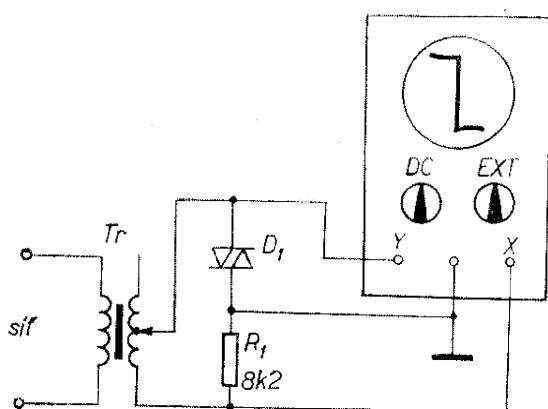
2. Zesilovač Y připojíme na jeden pól střídavého napětí, zesilovač X na druhý pól. Oba zesilovače jsou přepnuty na stejnosměrné vstupy DC. Zesilovač X je přepnut na EXT.
3. Mezi doutnavkou a odporem je vývod na zem.
4. Ovládacími prvky posuvu X a Y nařídíme světelnou stopu do středu stínítka obrazovky.

Doutnavkou neprochází proud, dokud napětí na ní nedosáhne určité velikosti. Při tomto, tzv. zápalném napětí nastane ionizace plynu a doutnavkou

prochází proud. Ionizovaný plyn vede proud i při zmenšení napětí. Je-li napětí na doutnavce malé, nepůsobí na světelnou stopu osciloskopu jiné napětí než to, které je na zesilovači X. Stopa se tedy posouvá ve vodorovném směru. Při výboji v doutnavce prochází proud odporem, na němž vzniká úbytek napětí, které je přivedeno na zesilovač Y. Světelná stopa se pak vychýlí ve svíslém směru podle okamžité polarity napětí.

Měření voltampérové charakteristiky diody diac

1. Regulační izolační transformátor nastavíme na nulové napětí (obr. 13).



Obr. 13. Měření voltampérové charakteristiky diody diac

2. Zesilovač X přepneme na EXT, jeho vstup na stejnosměrný, tj. DC. Vstup zesilovače Y přepneme také na DC.
3. Ovládacími prvky posuvu X a Y nastavíme světelnou stopu do středu stínítka.
4. Zvětšíme střídavé napětí na velikost, vhodnou pro použitý diac a zesílením nařídíme obraz.

Poměrně nedávno vyvinutý polovodičový prvek, nazývaný dioda diac má specifickou vlastnost; je schopen vést proud oběma směry, jakmile napětí na něm přesáhne určitou „zápalnou“ velikost. Velikost tohoto napětí je nepřeměnná a lze tedy s výhodou použít tento prvek ve spouštěcích obvodech.

Ze schématu vidíme, že na vstupu zesilovače X je střídavé napětí (proti zemi), jehož velikost se mění v rytmu kmi-

točtu 50 Hz. Tímto napětím je světelná stopa na stínítku obrazovky vychylována vodorovným směrem.

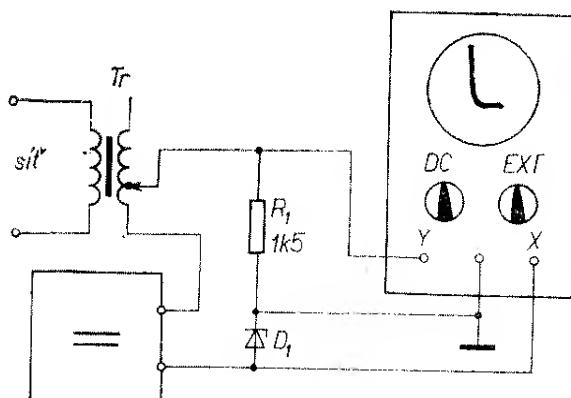
Svislé vychylování je způsobeno napětím na diodě diac. Po průchodu nulou se napětí zvětšuje až do velikosti 20 až 40 V (podle typu diody diac), tj. do napětí, při němž se diac stane vodivým. Potom se napětí mírně zmenší, diac však vede stále a protéká jím proud. Po změně polarity se tento děj opakuje.

Měření charakteristiky Zenerovy (stabilizační) diody

1. Zesilovač X přepneme na EXT, zesilovač Y na vstup DC.
2. Zenerovu diodu zapojíme do série s odporem podle schématu na obr. 14 a připojíme ke zdrojům stejnosměrného a střídavého napětí.
3. Světelnou stopu ovládacími prvky posuvu X a Y nastavíme do pravého spodního okraje stínítka obrazovky.
4. Nastavíme střídavé napětí o stejné amplitudě jako stejnosměrné napětí, jehož velikost zvolíme podle pracovního napětí Zenerovy diody.
5. Změnou zesílení zesilovače X a zesilovače Y nastavíme na stínítku obraz.

Přesunem světelné stopy k pravému dolnímu okraji stínítka obrazovky může být zobrazena pouze ta část křivky, během které je anoda Zenerovy diody záporná proti katodě.

Na křivce pozorujeme poměrně rovnou část během velké změny napájecího napětí. Prudký zlom v pracovní části

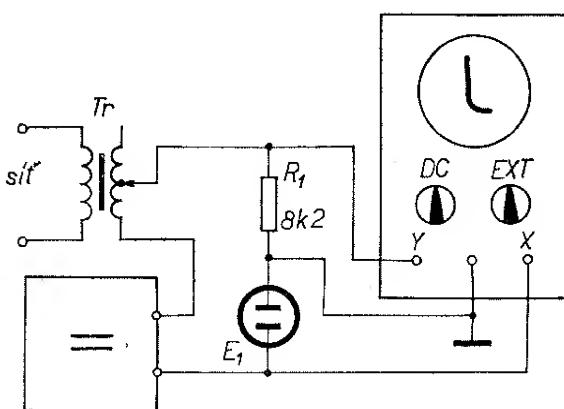


Obr. 14. Měření charakteristiky Zenerovy (stabilizační diody)

charakteristiky je závislý na vlastnostech diody a nemá na něj vliv procházející proud.

Měření charakteristiky stabilizátoru

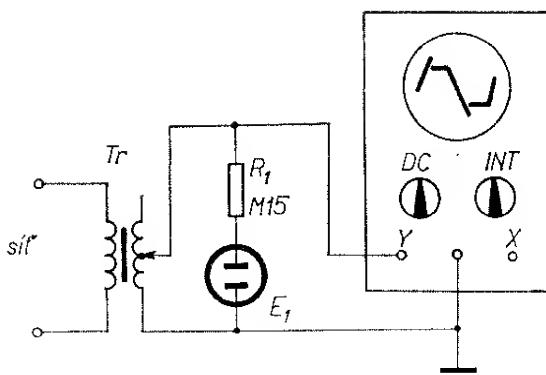
1. Zesilovač X přepneme na EXT . Oba zesilovače mají vstupy přepnuty na stejnosměrné, na DC . Ovládacími prvky posuvu X a Y přesuneme světelný bod na pravý dolní okraj obrazovky (obr. 15).



Obr. 15. Měření charakteristiky stabilizátoru

2. Stabilizátor připojíme v sérii s odporem mezi vstupy zesilovačů X a Y .
3. Stejnosměrné napětí nastavíme na dvojnásobek pracovního napětí stabilizátoru; změnou střídavého napětí a zesílení obou zesilovačů nastavíme na stínítku obrazovky charakteristiku.

Stabilizátor má mezi anodou a katomou stejnosměrné napětí se superponovaným střídavým napětím. Anodové napětí tedy kolísá prakticky od nuly do dvojnásobku pracovního napětí. Pokud napětí mezi elektrodami stabilizátoru nezionizuje plyn v baňce stabilizátoru, neprochází žádný proud a nevytvoří se tedy ani napětí na odporu. Světelná stopa na stínítku se posouvá pouze horizontálně. Po ionizování plynu, když se stane stabilizátor vodivým, vyvolá procházející proud úbytek napětí na odporu a ten posune stopu vertikálně. Napětí na stabilizátoru po zapálení je prakticky nezávislé na proudu a lze tedy tohoto jevu využít k stabilizování stejnosměrného napětí.



Obr. 16. Zjišťování průběhu napětí na stabilizátoru

Stabilizátor se liší od doutnavky vnitřním uspořádáním, které je přizpůsobeno pro větší proudy.

Zjišťování průběhů napětí na stabilizátoru

1. Přepneme zesilovač X osciloskopu na INT (obr. 16).
2. Jeden pól stabilizátoru připojíme na vstup zesilovače Y . Ovládacím prvkem časové základny nastavíme obraz.
3. Maximální rozkmit napětí převedeme pomocí grafu na napětí. Polovina tohoto napětí udává velikost zápalného napětí. Napětí, které odpovídá rozpětí vodorovných přímek na obrazu, je dvojnásobkem napětí na oblouku.

Přivedeme-li na stabilizátor střídavé napětí, pak se do doby zapálení oblouku napětí zvětšuje a jeho průběh odpovídá průběhu přivedeného napětí. V okamžiku zapálení je stoupající křivka přerušena a napětí se zmenší na velikost, při níž trvá výboj ve stabilizátoru – tento jev je na stínítku obrazovky zobrazen vodorovnou stopou. Při výboji vede stabilizátor proud a vzniká tedy úbytek napětí na odporu. Napětí na stabilizátoru je konstantní, pouze proud se může měnit.

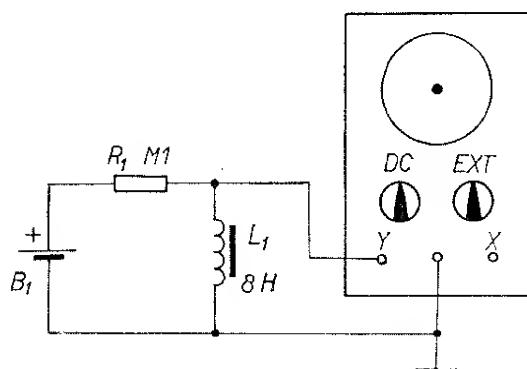
Úbytek napětí na odporu je roven rozdílu mezi napětím výboje a okamžitou velikostí přiváděného napětí.



Zmenší-li se napětí a výboj ve stabilizačním obvodu se přeruší, odpovídá zobrazená křivka průběhu přivedeného napětí.

Cívka v obvodu stejnosměrného proudu

1. Bez napětí na vstupních svorkách osciloskopu nastavíme ovládacími prvky pro posuv paprsku světelnou stopu do středu stínítka obrazovky. Zesilovač Y přepneme na stejnosměrný vstup DC , zesilovač X přepneme na EXT (obr. 17).



Obr. 17. Cívka v obvodu stejnosměrného proudu

2. Ze zdroje stejnosměrného napětí (baterie) přivedeme na zesilovač Y malé napětí (1 až 1,5 V) a zjistíme posuv světelné stopy.
3. Sledujeme světelnou stopu při přerušování stejnosměrného napětí z baterie.

Cívka (v tomto případě je vhodná tlumivka z filtračního řetězce staršího, vyřazeného přijímače nebo zesilovače, nežádoucí ovšem poškozena) má velký počet závitů měděného drátu. Odpor vinutí je prakticky zanedbatelný ve srovnání s odporem, zařazeným do série s vinutím: to můžeme ověřit na stínítku na posuvu stopy. Bod mezi odporem a cívou má prakticky totéž napětí, jaké je na uzemněném konci indukčnosti. Při přerušení pak pozorujeme prudké vychýlení světelné stopy na stínítku, které je způsobeno napětím, vznikajícím v okamžiku přerušení.

V uzavřeném okruhu protéká tlumivkou stejnosměrný proud, jehož velikost je omezena hmotovým odporem. Tento proud vybudí magnetické

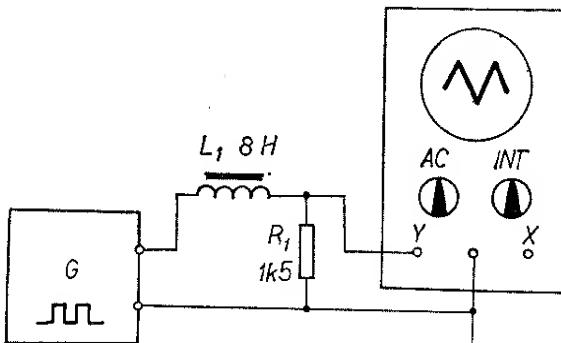
pole, které v okamžiku přerušení proudu zaniká a indukuje v závitech cívky napětí, které vychýlí světelnou stopu (princip transformace napětí).

Měření vlastností cívky

1. Zesilovač Y přepneme na střídavý vstup AC , abychom vyloučili vliv stejnosměrné složky na obraz. Zesílením nastavíme dostatečně veliký obraz, který můžeme pohodlně sledovat. Počet kmitů na stínítku nastavíme časovou základnou (obr. 18).
2. Generátor napětí pravoúhlého průběhu nastavíme na střídu 1 : 1. Výstupní napětí nařídíme na maximum při kmitočtu 800 Hz.

Náhlé změny napětí na výstupu generátoru napětí pravoúhlého průběhu způsobují změny proudu nejen v cívce, ale i v hmotovém odporu. Osciloskop je připojen na hmotový odpor a zesilovač Y zesiluje napětí, které svým průběhem odpovídá průběhu proudu cívky. Z nulové úrovni napětí a tedy i proudu se napětí rázem zvětší na maximum. Cívka klade těmto náhlým přechodům velký odpor. To je způsobeno tím, že magnetické pole vznikající průchodem proudu není schopno tak rychle reagovat na změny napětí. Proud, protékající cívou, indukuje v závitech cívky napětí, které působí proti změně, která ho vytvárá. To je příčinou pomalého zvětšování proudu i magnetického pole.

Při opačné změně napětí generátoru, tj. při prudkém zmenšení napětí (seskupná hrana impulsu), magnetické pole v cívce zanikne. Pokud by v obvodu byl



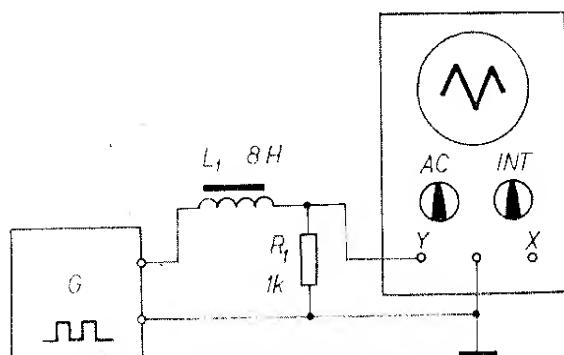
Obr. 18. Měření vlastností cívky

pouze hmotový odpor, byl by zánik pole okamžitý. Indukčnost cívky je však při zániku magnetického pole „zdrojem“ proudu, který jakoby pokračoval v původním směru. Tím ja původní kolmá sestupná hrana pravoúhlého kmitu změněna na šikmou a veškeré změny, ať již při vzniku nebo při zániku proudu, jsou pozvolné.

Cívka klade tedy těmto prudkým změnám napětí velký odpor. Zvýšíme-li kmitočet, můžeme na stínítku obrazovky pozorovat snížení obrazu, neboť pro dosažení maxima je k dispozici kratší doba: např. při dvojnásobném kmitočtu je obraz poloviční. Samozřejmě při snížení kmitočtu je jev opačný.

Měření indukčnosti cívky

1. Generátor napětí pravoúhlého průběhu nastavíme na 1 kHz se střídou 1 : 1. Výstupní napětí bude 10 V (špička-špička).
2. Osciloskop nařídíme na vhodné zesílení, zesilovač Y přepneme na vstup AC, aby chom vyloučili vliv stejnosměrné složky. Časovou základnu přepneme na INT (obr. 19).



Obr. 19. Měření indukčnosti cívky

Odpor v obvodu je poměrně malý a je určen pouze ke snímání průběhu proudu. Můžeme tedy považovat výstupní napětí generátoru za napětí, které je na vývodech cívky. Změnou proudu (tedy i magnetického pole) se v závitech cívky indukuje napětí. Velikost indukovaného napětí závisí na velikosti změny proudu – napětí je tím větší, čím větší změna proběhne během časového úseku. Mimoto závisí velikost tohoto napětí také na vlastnostech cívky, tedy na

magnetických vlastnostech jádra, jeho rozměrech a počtu závitů. Tyto činitele ovlivňují nejvíce indukčnost cívky, jejíž velikost měříme v jednotkách henry [H]. Vyvolá-li změna proudu 1 A/s na cívce napětí 1 V, je indukčnost cívky právě 1 H.

V našem případě zjistíme osciloskopem na cívce velikost napětí 0,5 V. Toto napětí je vytvořeno během 0,5 ms, což odpovídá změně proudu 1 A za vteřinu. Změna 0,5 V odpovídá změna proudu 0,5 mA na odporu 1 kΩ. Protože k výpočtu indukčnosti potřebujeme znát velikost změny proudu za 1 vteřinu, což je 2 000krát více než 0,5 ms, musíme i proud zvětšit 2 000krát. Výsledek nám udává velikost změny proudu za vteřinu, která je 1 A/s. Z napětí zdroje 5 V pak vychází indukčnost 5 H.

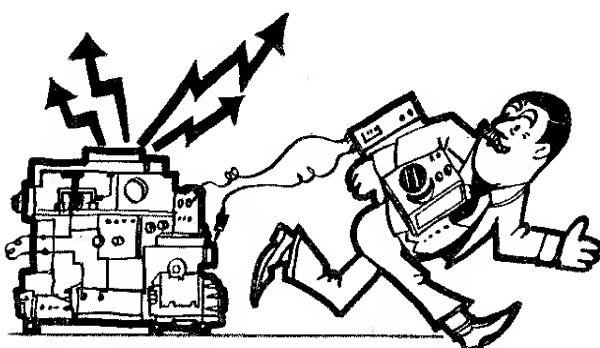
Z uvedeného výpočtu vyplývá vhodnost volby kmitočtu 1 kHz a napětí 10 V. Ne vždy jsou však veličiny v tak vhodných poměrech.

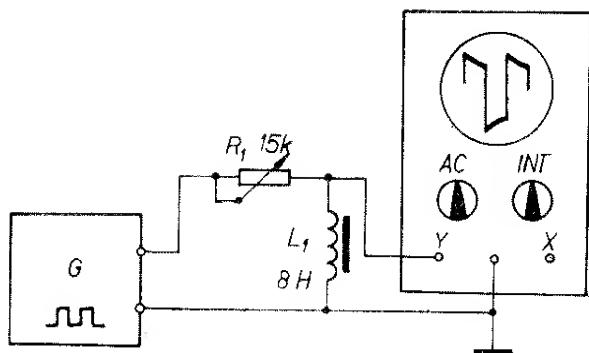
Máme-li tlumivku 8 H, pak na ní náměříme napětí při stejném uspořádání 0,3 V (0,3125). Z tohoto napětí a odporu 1 kΩ vychází proud 0,3125 mA během 1 kmitu, což je 0,5 ms. Potřebujeme ovšem údaj za 1 vteřinu, což je opět 2 000krát více, tedy 0,625 A/s. Dělíme-li napětí 5 V výše uvedeným proudem, dostaneme výsledek 8 H.

Ve skutečnosti bude ovšem výsledek většinou přibližný, přesnost bude záviset na přesnosti čtení, nastavení generátoru atd.

Měření průběhu napětí na cívce

1. Generátor napětí pravoúhlého průběhu nařídíme na 1 kHz, střidu kmitů na 1 : 1 a výstupní napětí na 1 V (špička-špička).





Obr. 20. Měření průběhu napětí na cívce

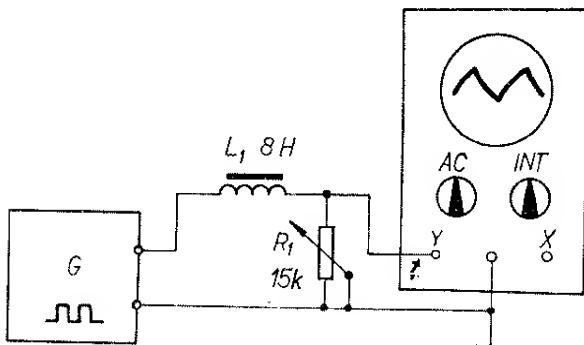
2. Zesilovač X přepneme na INT , změnou zesílení zesilovače Y a ovládacím prvkem časové základny nastavíme obraz (obr. 20).
3. Regulační odpor nastavíme na maximum.

Na regulačním odporu se ztrácí během impulsu většina napětí. Úbytek napětí odpovídá proudu, procházejícímu obvodem. Generátor dodává do obvodu proud během $0,5$ ms ($1\ 000$ ms = $= 1\ 000$ Hz) – jde tedy o polovinu impulsu. Proud cívkou se zvětšuje pomaleji, neboť indukčnost brání prudké změny. Zvětšující se proud vyvolá větší úbytek napětí na regulačním odporu a na stínítku osciloskopu bude tedy zřejmě zmenšování napětí na cívce.

V následující $0,5$ ms se děj opakuje s obrácenou polaritou. Při zmenšování odporu se budou zobrazené kmity více blížit původním kmítům generátoru.

Měření průběhu proudu cívkou

1. Výstupní napětí generátoru napětí pravoúhlého průběhu nastavíme na malou veli-



Obr. 21. Měření průběhu proudu cívkou

2. Časovou základnu osciloskopu přepneme na INT a na obrazovce nastavíme 1 kmit, abychom mohli lépe pozorovat vrchol křivky. Zesilovač Y přepneme na střídavý vstup AC .

Je-li v obvodu s cívkou zařazen poměrně malý odpor a přivedeme-li na cívku napětí pravoúhlého průběhu, dosahuje proud pozvolna kladného maxima při horní úrovni pravoúhlého kmítu, nebo záporného maxima při dolní úrovni pravoúhlého kmítu.

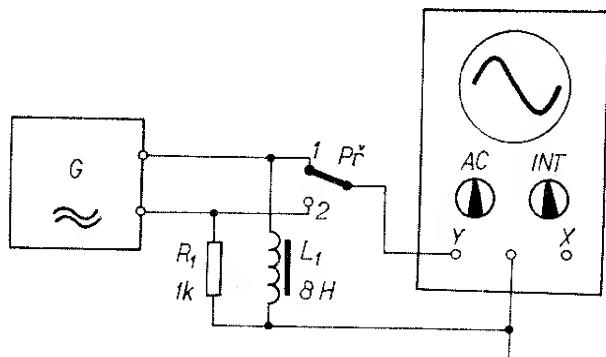
Cívka brání nejen okamžitému dosažení maxima, ale také rychlému zmenšení maximálního proudu. Dalším zvětšením odporu můžeme dosáhnout stavu, kdy určitá část křivky, zobrazená světelnou stopou na stínítku obrazovky, bude v horizontálním směru rovná. Bude se tedy poněkud blížit obdélníkovitému průběhu, i když boky křivky budou stále skloněny.

Pokud bychom použili cívku s menší indukčností, bude zobrazená křivka opět bližší tvaru napětí, přiváděného z generátoru.

Pro podrobné přešetření průběhu křivky je vhodné změnit časovou základnu tak, aby na obrazovce byla pouze část kmítu, i když pak lze „zastavit“ tento obraz poměrně obtížně.

Cívka v obvodu střídavého proudu

1. Nf generátor nastavíme na 50 Hz a napětí upravíme tak, aby na odporu bylo napětí 1 V (podle grafu) v bodě 2 (obr. 22).



Obr. 22. Cívka v obvodu střídavého proudu

- Časovou základnu, přepnutoou na INT, nastavíme tak, aby na stínítku byl dobré patrný obraz. Zesilovač Y přepneme na střídavý vstup AC.
- Osciloskopem změříme napětí na cívce v bodě 1.

Velikost proudu, protékajícího cívou, se mění podle průběhu sinusovky. Napětí na cívce je úměrné změně proudu za časový úsek. Napětí je tedy maximálně kladné (záporné), když se proud zvětšuje (zmenšuje) nejrychleji, tzn. v okamžicích, kdy je nulový. Indukované napětí je nulové, když je změna proudu za čas nulová, tj. v okamžicích, kdy je proud maximální. Proud je opožděn proti napětí o $1/4$ periody.

Napětí 1 V vyvolá proud 1 mA odporem $1 \text{ k}\Omega$. Během poloviny kmitu se změní proud od maximální velikosti $+1 \text{ mA}$ až do -1 mA . Polovina kmitu trvá 10 ms (při kmitočtu 50 Hz). Jedna vteřina je stokrát delším časovým úsekem, odpovídající změna proudu na cívce za 1 s by tedy byla také stokrát větší, tj. 0,2 A. Změna 0,2 A/s vyvolá na indukčnosti napětí o střední velikosti 1,6 V ($8 \times 0,2$).

Graf, který jsme si dříve sestrojili, je vyhotoven pro maximální (špičkové) napětí a ve výpočtu uvádíme střední hodnotu. Násobíme-li střední hodnotu koeficientem $\pi/2$, dostaneme špičkovou hodnotu: tj. $1,6 \cdot \pi/2 \doteq 2,5 \text{ V}$.

U střídavého napětí se setkáváme s pojmem zdánlivý odpor, čili impedančce. Impedanci vypočteme, dělíme-li napětí indukčnosti proudem. Tedy obdobně, jako zjišťujeme odpor v stejnosměrném obvodu z napětí a proudu. V našem případě dělíme 2,5 V proudem 0,001 A, což dává výslednou impedanci 2 500 Ω .

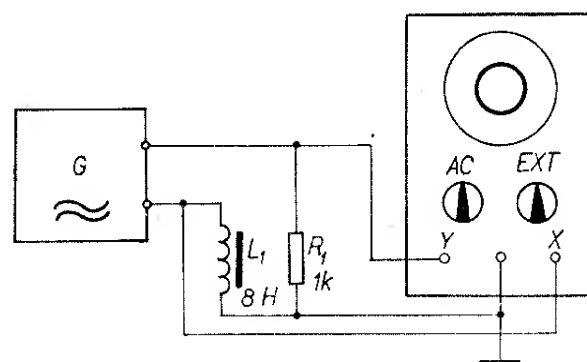
Změníme-li kmitočet tónového generátoru na 100 Hz, změní se i časový úsek poloviny kmitu z 10 na 5 ms. Proudová změna bude nyní 200krát větší, čili 0,4 A/s. Změna 0,4 A/s vyvolá na indukčnosti 8 H napětí (střední hodnota) 3,2 V. Špičková hodnota napětí je tedy 5 V. Z toho vychází impedance 5 000 Ω , čili dvojnásobek proti 50 Hz.

Přesnost tohoto měření závisí na čtení údajů, na přesnosti grafu a nastavení ge-

nerátoru. Použitý měřicí signál o kmitočtu 50 Hz lze kontrolovat síťovým napětím.

Fázový posuv napětí a proudu na cívce

- Na nízkofrekvenčním generátoru nastavíme maximální výstupní napětí a poměrně nízký kmitočet (400, 100 Hz).
- Časovou základnu přepneme na EXT a volbou zesílení obou zesilovačů nastavíme na stínítku kruh. Zesilovač Y je přepnut na střídavý vstup AC (obr. 23).

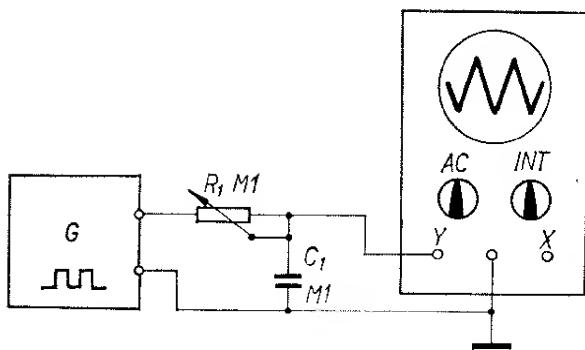


Obr. 23. Fázový posuv napětí a proudu

Napětí na cívce předbíhá o $1/4$ periody proud – maxima proudu jsou proto v okamžiku nulového napětí a při nulovém proudu jsou opět maxima napětí. Protože napětí přiváděné na zesilovač Y je o $1/4$ periody fázově posunuto oproti napětí, které je obrazem průběhu proudu a které je přiváděno na zesilovač X, dostáváme na obrazovce při vhodném zesílení obou zesilovačů kruh. Změnou zesílení lze kruh měnit v elipsu s delší osou ve směru výchylky, způsobené větším napětím. Tvar elipsy nemůžeme ovlivnit změnou napětí generátoru, neboť jednou určené vzájemné vztahy platí i při změněném napětí.

Změnou napětí generátoru ovlivníme velikost celého obrazu, který můžeme zvětšit či zmenšit při zachování poměru délek os elipsy, nebo při zachování kruhu měníme pouze průměr.

Změnou kmitočtu lze obraz na stínítku měnit, neboť jeden z prvků je kmitočtově závislý.



Obr. 24. Průběh napětí na kondenzátoru

Průběh napětí na kondenzátoru

1. Zesilovač Y osciloskopu přepneme na střídavý vstup AC , abychom vyloučili vliv stejnosměrné složky a zesilovač X přepneme na INT (obr. 24).
2. Generátor napětí pravoúhlého průběhu nastavíme na vhodný kmitočet (1 000 Hz) a střídu impulzů na 1 : 1.
3. Ovládacími prvky časové základny a záblesky nastavíme vhodnou velikost obrazu.
4. Regulační odpor nastavíme na maximální hodnotu.

Generátor předává každým svým kmitem určité elektrické množství (náboj) přes odpor do kondenzátoru. Napětí na výstupu generátoru se mění skokem od dolní do horní úrovně. Odpor omezí maximální proud do kondenzátoru a trvá tedy určitou dobu, než se kondenzátor nabije: naopak je-li kondenzátor nabit a výstupní napětí generátoru změní svoji úroveň, snaží se elektrický náboj z kondenzátoru „protlačit“ proud odparem.

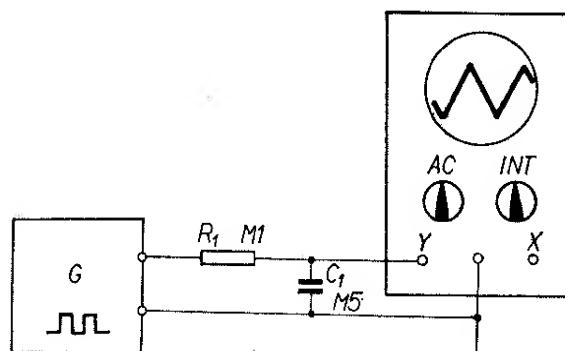
Kolmé boky pravoúhlých kmitů jsou nyní skloněny a na kondenzátoru dostáváme jiný tvar kmitu. Změníme-li odpor potenciometru na 1/10 původní velikosti, dostaneme na stínítku změněný obraz.

Odpor, jak jsme zjistili, zpomaluje nabíjení i vybíjení kondenzátoru a změnu napěťového průběhu můžeme na stínítku dobře pozorovat. Průběh křivky můžeme ovlivňovat také změnou kapacity. Větší kapacita, stejně jako větší odpor, prodlužuje čas, potřebný k úplnému nabíjení kondenzátoru. Jelikož generátor dodává stálé elektrické množství,

je napětí na kondenzátoru s větší kapacitou menší. Zmenšováním kapacity nebo odporu dosáhneme rychlejšího nabíjení a křivka se bude blížit původnímu tvaru.

Měření kapacity kondenzátoru

1. Zesilovač Y osciloskopu přepneme na střídavý vstup AC . Zesilovač X přepneme na INT . Kmitočtem časové základny nastavíme 2 až 3 kmity na stínítku obrazovky (obr. 25).
2. Generátor napětí pravoúhlého průběhu nastavíme na kmitočet 1 000 Hz při střídě 1 : 1. Výstupní napětí nastavíme na 10 V (špička-špička).
3. Výstupní napětí generátoru kontrolujeme podle grafu.



Obr. 25. Měření kapacity kondenzátoru

Jednotkou kapacity je farad, v radio-technice však používáme jednotku milionkrát menší, mikrofarad; mikrofarad má $1 000$ nanofaradů, nebo milion piko-faradů ($F = 10^6 \mu F$).

K měření kapacity se používají můstky, jichž existuje řada druhů; kapacitu lze však měřit i dle uvedeným způsobem.

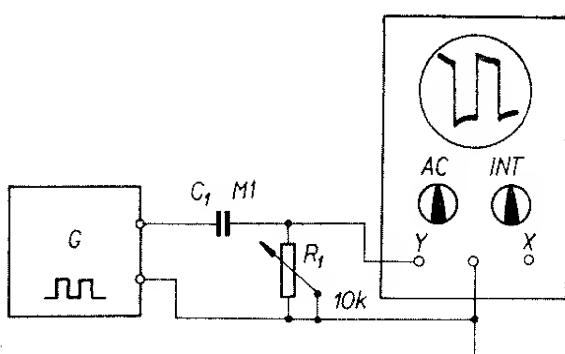
Z definice vyplývá, že napětí 1 V na kapacitě 1 F vyvolá náboj 1 A/s. Střední napětí je v našem případě 5 V a to vyvolá při zařazeném odporu R_1 proud 0,05 mA. Při kmitočtu 1 000 Hz trvá 1 kmit 1 ms, což znamená, že během poloviny této doby se kondenzátor nabíjí a v druhé polovině vybíjí. Je tedy čas, za který dojde ke změně z jednoho maxima do druhého, 0,5 ms. Násobením těchto údajů obdržíme velikost náboje.

Dále převedeme mA na μ A a ms na sekundy a obdržíme lépe použitelný výraz μ A/s. Známe tedy proud 50 μ A a čas 0,0005 s. Násobíme-li oba údaje, obdržíme velikost změny 0,025 μ A/s.

Velikost náboje je známa a zjistíme velikost napětí, které tento náboj na kondenzátoru vyvolá. Ze stínítka obrazovky přečteme délku světelné stopy, převedeme ji na napětí pomocí grafu. Napětí na měřeném kondenzátoru je 0,05 V. Dělíme-li náboj takto zjištěným napětím, vyjde kapacita kondenzátoru 0,5 μ F.

Měření proudu kondenzátorem

1. Zesilovač Y osciloskopu přepneme na střídavý vstup AC , zesilovač X přepneme na INT . Ovládacím prvkem časové základny nastavíme na stínítku obrazovky několik kmitů (obr. 26).



Obr. 26. Měření proudu kondenzátorem

2. Generátor napětí pravoúhlého průběhu nastavíme na 1 000 Hz a jeho výstupní napětí na 1 V. Střída kmitu bude 1: 1.
3. Regulační odpor zmenšujeme a přitom sledujeme změnu průběhu proudového kmitu.

Proti předchozím pokusům s kondenzátory je tentokrát změněno zapojení. Dříve jsme snímali tvar napětí na kondenzátoru, který byl zapojen za poměrně velikým odporem. V tomto případě, kdy chceme sledovat průběh proudu, snímáme napětí z odporu; toto napětí odpovídá průchodu proudu kondenzátorem. Aby proud kondenzátorem byl ovlivněn co nejméně, používáme co nejmenší odpor.

Je-li odpor obvodu podstatně menší, změní se tvar impulsů, neboť proud ob-

vodem může být podstatně větší. Po dosažení maxima se proud zmenšuje poměrně velmi rychle až do okamžiku, kdy generátor dodá proud obráceného směru. Na stínítku se to projeví jako záporné maximum, které také velmi rychle ubývá. Velikostí odporu můžeme měnit tvar vybíjecí křivky. Neměnná zůstává skutečnost, že zmenšilo-li se napětí za určitý časový úsek na jednu polovinu, bude třeba stejně doby, aby se zmenšilo dále na jednu čtvrtinu atd.

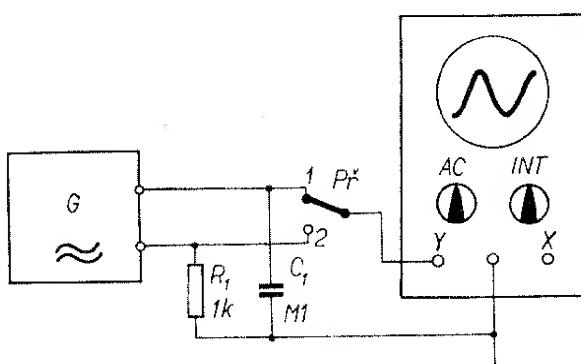
Pokud bude použit kondenzátor s větší kapacitou, pak k vybití jedné poloviny náboje bude třeba delšího časového intervalu a stejný časový interval uběhne, než dosáhne náboj jedné čtvrtiny původní velikosti.

Kondenzátor v obvodu střídavého proudu

1. Tónový generátor nastavíme na kmitočet 1 000 Hz a výstupní napětí na odporu 1 $k\Omega$ na 1 V (obr. 27). Velikost napětí měříme na osciloskopu (převádíme délku stopy na napětí pomocí grafu).
2. Ovládacím prvkem časové základny nastavíme 2 až 3 kmity na stínítku. Zesilovač X přepneme na INT , ovládacím prvkem zesilovače Y , přepnutým na AC , nastavíme vhodnou velikost obrazu.

Nastavíme-li $Př$ do polohy 2 (na odpor) víme, že špičkový proud v obvodu je 1 mA (1 V; 1 $k\Omega$). Přepojením osciloskopu do bodu 1 zjistíme, že napětí na kondenzátoru je 3,2 V.

Náboj 1 μ A/s vyvolá na kondenzátoru o kapacitě 1 μ F napětí 1 V. Pro kontrolu



Obr. 27. Kondenzátor v obvodu střídavého proudu

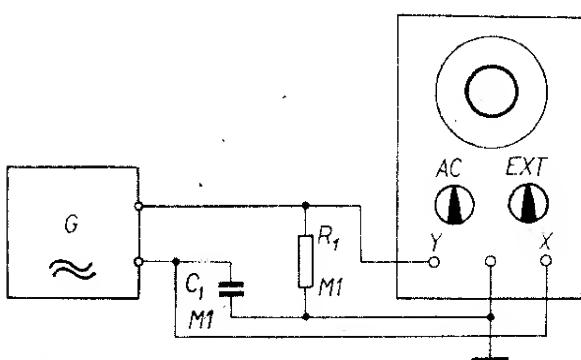
našeho měření musíme nejprve zjistit velikost náboje. Špičková hodnota proudu je 1 mA , což je střední proud $637 \mu\text{A}$. Jeden kmit trvá 1 ms a přechod z $+1 \text{ mA}$ do -1 mA trvá $0,5 \text{ ms}$. Náboj, což je součin proudu a času, je pak $0,3185 \mu\text{A}/\text{s}$. Tento náboj by tedy vyvolal na kondenzátoru napětí $0,3185 \text{ V}$. Naměřili jsme $3,2 \text{ V}$, což je desetkrát více, kondenzátor bude mít tedy desetkrát menší kapacitu, tedy $0,1 \mu\text{F}$.

Napětí na kondenzátoru je o $1/4$ periody zpožděno za proudem a jak napětí, tak proud mají sinusový průběh, který má nejstrmější část křivky při průchodu nulovou osou. Je tedy největší proud v okamžiku, kdy je napětí na kondenzátoru nulové. Potom se napětí velmi rychle zvětšuje a v okamžiku maxima napětí je nulový proud.

Impedanci kondenzátoru při 1000 Hz vypočteme, dělíme-li napětí proudem. Maximální rozkmit je $3,2 \text{ V}$ (špička-špička), špičkové napětí je tedy $1,6 \text{ V}$. Proud je 1 mA ; podíl těchto dvou údajů je hledaná impedance 1600Ω kondenzátoru pro signál zvoleného kmitočtu.

Fázový posuv na kondenzátoru

1. Tónový generátor nastavíme na 400 Hz , výstupní napětí asi na $3/4$ maximálního napětí (obr. 28).



Obr. 28. Fázový posuv napětí a proudu na kondenzátoru

2. Zesilovač X přepneme na EXT , zesilovač Y přepneme na střídavý vstup AC . Zesílením obou zesilovačů nastavíme na stínítku obrazovky kruh.

3. Zvětšíme výstupní napětí tónového generátoru na maximum, potom změníme kmitočet a pozorujeme vlivy změn na obraz.

Napětí na kondenzátoru je o $1/4$ periody opožděno za proudem a má, stejně jako proud, sinusový průběh. V obvodu je zařazen i hmotový odpor, na němž vzniká úbytek napětí fázově shodný s proudem. Jsou tedy obě napětí vzájemně fázově posunuta a přes zesilovače přivedena na vychylovací destičky obrazovky.

Předpokládejme, že v určitém okamžiku je napětí na vstupu zesilovače Y a tedy i na obrazovce nulové. Víme, že při nulovém napětí je maximální proud a tudíž napětí na hmotovém odporu bude shodně s proudem maximální – toto napětí zesílené zesilovačem X přivádíme na druhou dvojici vychylovacích destiček.

Tento stav se za $1/4$ periody změní tak, že na zesilovači Y je maximum napětí a na zesilovači X minimum. Byl-li tento jev pozorován při kladných napětích, opakuje se totéž při záporných. Světelná stopa, která v počátku byla ve středu stínítka vpravo (kladné maximum na X a 0 na Y), postupně, ve směru proti pohybu hodinových ruček, dojde do středu stínítka nahore (kladné maximum na Y a 0 na X). Tímto způsobem vznikne na stínítku kruh.

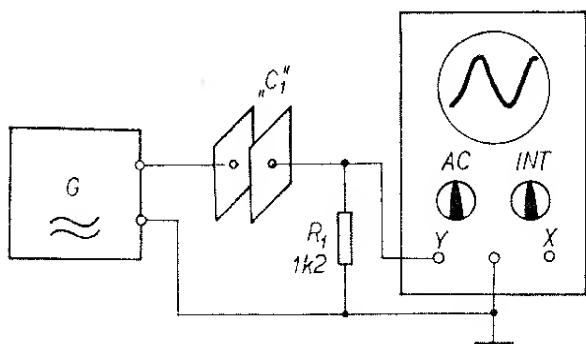
Nejsou-li napětí ve vhodném poměru, vzniká na stínítku elipsa. Zvětšením napětí generátoru se nemění nastavený obraz co do tvaru, ale co do velikosti. Obě napětí se v tomto případě zvětšují či zmenšují, jejich vzájemný poměr však zůstává zachován.

Při změně kmitočtu se obraz podstatně změní, neboť zdánlivý odpor (impedance) kondenzátoru se zvětší s kmitočtem a hmotový odpor si svou hodnotu zachovává. Tím je porušen poměr obou napětí.



Zkoušení vlivu změn dielektrika kondenzátoru

1. Nízkofrekvenční generátor nastavíme na kmitočet 20 kHz a výstupní napětí přivedeme na dvě vodivé kovové desky o rozlozech 30×30 cm (obr. 29).

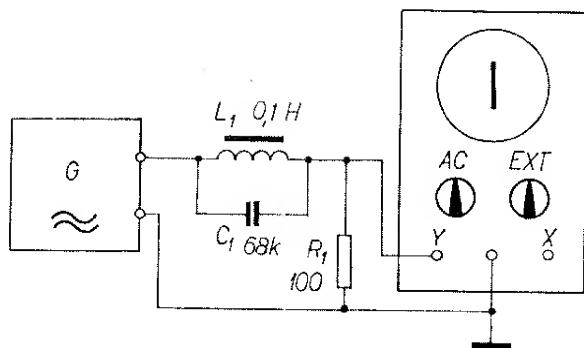


Obr. 29. Zkoušení vlivu změn dielektrika na kapacitu kondenzátoru

2. Osciloskop (vstup zesilovače Y) přepneme na AC , časovou základnu nastavíme tak, aby na obrazovce bylo několik kmitů, ovládacím prvkem zesílení zesilovače Y nastavíme vhodnou velikost obrazu.
3. Aniž změníme velikost výstupního napětí generátoru, přesuneme desky tak, aby se vzájemně překrývala pouze jejich část, potom je přiblížíme a vzdálíme a pozorujeme vliv na velikost obrazu.
4. Ponecháme maximální překrytí desek a do mezery mezi desky vkládáme různé druhy dielektrik (papír, fólie z plastické hmoty apod.).

Velikost napětí (výška osciloskopického obrázku) závisí na překrývající se ploše desek, na jejich vzdálenosti a na dielektriku mezi deskami. Těchto vlastností, které určují kapacitu kondenzátoru, lze využít pro různé účely.

Změna napětí (odporu i impedance kondenzátoru) může být využívána k indikaci či povelům v různých automatických zařízeních. Těchto změn napětí dosáhneme kterýmkoli výše uvedeným způsobem. Stav hladiny kapaliny, která mění svoji výšku v nádrži, můžeme indikovat kondenzátorovým snímačem, jehož kapacita se mění podle toho, kam až dielektrikum (obsah nádrže) zasahuje.



Obr. 30. Paralelní rezonanční obvod

Paralelní rezonanční obvod

1. Na nízkofrekvenčním generátoru nastavíme maximální výstupní napětí a kmitočet na 20 000 Hz (obr. 30).
2. Napětí na odporu, vyvolané protékajícím proudem, přivedeme na zesilovač Y a na stínítku nastavíme světelnou stopu, kterou lze dobře pozorovat.
3. Měníme kmitočet tónového generátoru, až stopa na stínítku dosáhne nejmenší výšky.

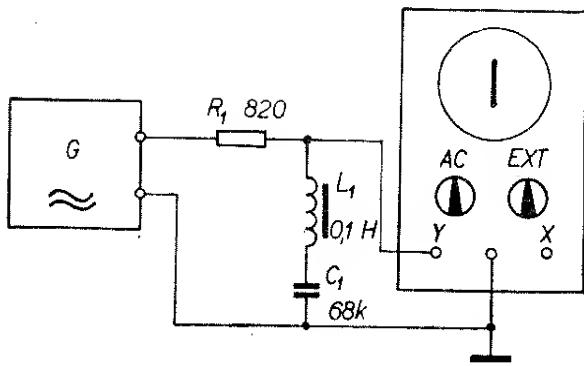
Impedance cívky se s kmitočtem zvětšuje a impedance kondenzátoru zmenšuje. Při určitém kmitočtu (rezonančním) jsou proudy, procházející oběma součástmi sice stejné, ale v protifázi a výsledný proud, který protéká odporem, by měl být nulový. Nulového proudu bychom dosáhli v teoretickém případě, pokud by kondenzátor a cívka byly na prostě bezeztrátové a sinusové napětí bylo bez veškerých zkreslení.

V praktickém případě se všechny tyto ztráty uplatňují a napětí není nulové, avšak má určitou minimální velikost. Chceme-li znázornit průběh rezonanční křivky, můžeme graficky zobrazit závislost kmitočtu a velikosti úsečky na stínítku osciloskopu.

Sériový rezonanční obvod

1. Generátor nastavíme na kmitočet 20 000 Hz a výstupní napětí na 10 V. Napětí z generátoru přivedeme na sériový rezonanční obvod přes oddělovací odpor. Napětí na sériovém rezonančním obvodu přivedeme na vstupní zdírky zesilovače Y (obr. 31).
2. Změnou kmitočtu tónového generátoru najdeme kmitočet, při němž je světelná stopa

Obr. 31. Sériový rezonanční obvod



na stínítku osciloskopu nejmenší.

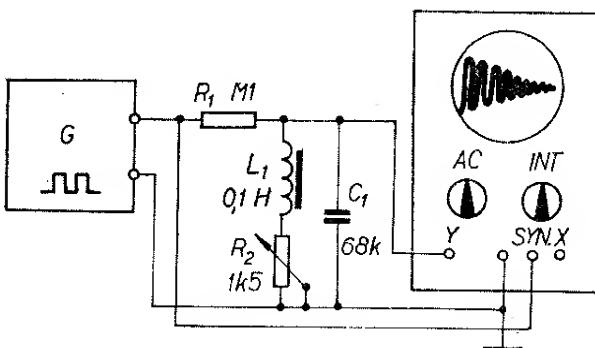
3. Zesilovač X je přepnuto na EXT , zesilovač Y na střídavý vstup AC .

Impedance cívky, stejně jako impedance kondenzátoru, se mění s kmitočtem. Při rezonanci je napětí na celém obvodu minimální. Teoreticky by při rezonanci mělo být nulové. Ztráty na činném odporu cívky a v dielektriku kondenzátoru však způsobí, že teoretický předpoklad zcela neplatí a na obvodu bude i při rezonanci určité malé napětí.

Obvodem protéká proud oběma součástmi a na každé z nich vzniká napětí: tato dvě napětí jsou v protifázi, takže jejich vektorový součet by se v teoretickém případě rovnal nule.

Měření vlastností rezonančního obvodu

1. Generátor napětí pravoúhlého průběhu nastavíme na nízký opakovací kmitočet a na maximální výstupní napětí (10 V). Střídu kmitů nastavíme 1 : 10, aby kmity, vy-



Obr. 32. Měření vlastností rezonančního obvodu

2. volané v obvodu, mohly doznívat (obr. 32).
2. Osciloskop přepneme na INT , zesilovač Y na střídavý vstup AC . Časovou základnu synchronizujeme napětím pravoúhlého průběhu. Ovládacími prvky pro zesílení vstupního signálu nastavíme vhodnou velikost obrazu. Změnou nastavení ovládacích prvků časové základny nastavíme na stínítku jeden průběh doznívání kmitů v obvodu. Regulační odpor je nastaven zpočátku na minimum odporu.

Během jednoho impulsu napětí z generátoru je do obvodu dodána určitá energie, z níž se vytvoří náboj kondenzátoru a magnetické pole v cívce. Při přerušení dodávky energie (po zániku impulsu) se náboj kondenzátoru snaží vybit přes vinutí cívky. Tím se zmenšuje napětí na kondenzátoru, vzniká proud cívkou a obvod začne kmitat vlastním kmitočtem.

V okamžiku nulového napětí je veškerá energie v obvodu změněna na magnetické pole. Proud cívkou protéká stále stejným směrem, zaniká magnetické pole a kondenzátor se znova nabíjí napětím opačné polarity. Tento jev opakuje tak dlouho, pokud se veškerá energie, dodaná generátorem, nespotřebuje ztrátami obvodu.

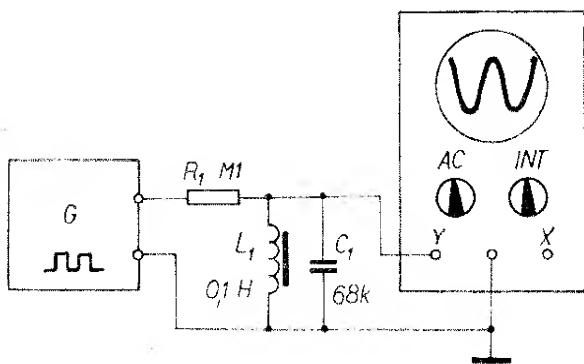
Díly, z nichž je obvod složen, mají mimo své charakteristické a žádoucí vlastnosti také vlastnosti nežádoucí – ztráty. Těmito ztrátami jsou u kondenzátoru ztráty v dielektriku, svodový proud, u cívky činný odpor vodiče, z něhož je zhotovena. Při každém kmitu se změní část energie v teplo a výška kmitu, zobrazená na osciloskopu, se stále zmenšuje. Těmito kmitům říkáme tlumené kmity a délka doznívání je vlastně měřítkem jakosti obvodu.

Nahradíme-li ztráty v obvodu dodáním další energie, vzniknou netlumené kmity.

Ztráty v obvodu můžeme řídit velikostí odporu rezonančního obvodu.

Rozkmitání rezonančního obvodu

1. Generátor napětí pravoúhlého průběhu nastavíme přibližně na rezonanční kmitočet obvodu (v našem případě asi 20 000 Hz) a střídu kmitů na 1 : 1 (obr. 33).

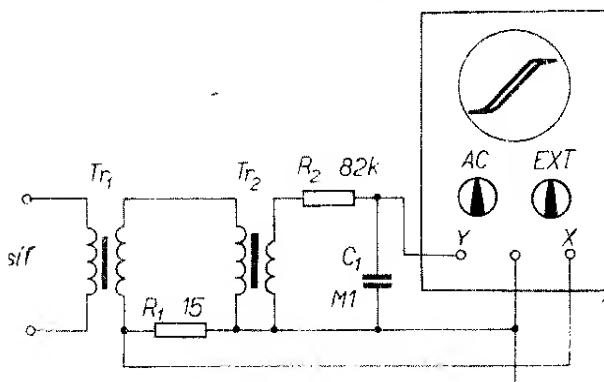


Obr. 33. Rozkmitání rezonančního obvodu

2. Osciloskop přepneme na střídavý vstup AC a zesílením zesilovače Y nastavíme velikost obrazu. Ovládacím prvkem časové základny nastavíme na stínítku několik kmitů.
3. Měněním kmitočtu generátoru nastavíme kmitočet, při němž jsou pravoúhlé impulsy z generátoru obvodem změněny na sinusové kmity.

Generátor dodává pravidelně do paralelního rezonančního obvodu energii v podobě jednoho pravoúhlého impulsu, který budí sinusové kmity v obvodu na vlastním rezonančním obvodu. Má-li dodávaná energie opakovací kmitočet shodný s vlastním rezonančním kmitočtem obvodu, jsou energií z generátoru nahrazovány ztráty v obvodu (tlumení) a obvod může kmitat netlumeně.

Pravoúhlý kmit je vlastně složen z řady sinusových harmonických kmitů a rezonanční obvod potlačí ty kmity, které nejsou shodné s vlastním kmitočtem rezonančního obvodu či jeho násobkem.



Obr. 34. Hysterezní křivka

Hysterezní křivka

1. Zvonkový transformátor napájíme z izolačního transformátoru napětím 220 V. Do primárního vinutí zvonkového transformátoru je vřazen malý odpor. Napětí na tomto odporu přivádíme na zesilovač X, přepnutý na AC. Země osciloskopu je přímo vodičem spojena s primárním vinutím transformátoru a proto je bezpodmínečně nutný izolační transformátor (obr. 34).

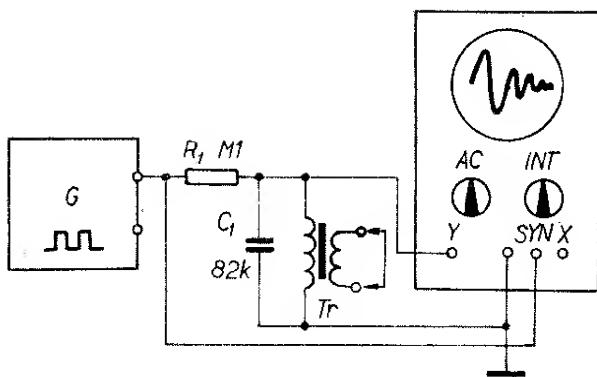
2. Zesílením obou zesilovačů nastavíme na stínítku osciloskopu magnetizační křivku.

Vliv odporu, vřazeného do přívodu k primárnímu vinutí zvonkového transformátoru, můžeme vzhledem k jeho velikosti, zanedbat. Střídavé napětí na cívce transformátoru vyvolá změnu magnetického pole a fázový rozdíl mezi napětím na cívce a magnetickou indukcí je $1/4$ periody. Napětí na kondenzátoru v sekundárním obvodu transformátoru je úměrné magnetické indukci.

Napětí na odporu je úměrné budicímu proudu. Máme tedy možnost, přivést na zesilovače osciloskopu napětí, úměrná těmto dvěma veličinám, tj. magnetické indukci a proudu. Na křivce zobrazené na stínítku pozorujeme v levém dolním a pravém horním okraji zakřivení, které je způsobeno nasycením železa. Magnetická indukce je největší tehdy, je-li protékající proud maximální: není však nejmenší při minimálním proudu. Nejsou tedy výchylky pro $X = 0$ současné s výchylkou $Y = 0$. To způsobuje, že křivka, zobrazená na stínítku, má určitou šířku. Tato šířka je vlastně zobrazením zbytkové magnetizace, zbytkové (remanentní) magnetické indukce.

Transformátor při zkratu sekundárního vinutí

1. Zesilovač X osciloskopu přepneme na INT a časovou základnu synchronizujeme s generátorem napětí pravoúhlého průběhu, který nastavíme na co nejnižší kmitočet a na maximální výstupní napětí. (20 Hz, 10 V.) Střídu kmitů nastavíme 1: 10 (obr. 35).
2. Paralelně k primárnímu vinutí transformátoru připojíme kapacitu, která vytvoří s vinutím transformátoru paralelní rezonanční obvod. Impulsy z generátoru při-



Obr. 35. Transformace při zkratu sekundárního vinutí

vedeme na tento obvod přes oddělovací odpor.

Kapacita kondenzátoru tvoří s indukčností primárního vinutí paralelní rezonanční obvod. Impulsy z generátoru vybudí v tomto obvodu tlumené kmity. Rozkmit se plynule zmenšuje působením ztrát, až kmity úplně zaniknou. Indukčnost primárního vinutí se při zkratu na sekundárním vinutí (pro malé napětí) zmenší na několik málo procent původní velikosti a zánik kmítů, jejich tlumení, je mnohem rychlejší.

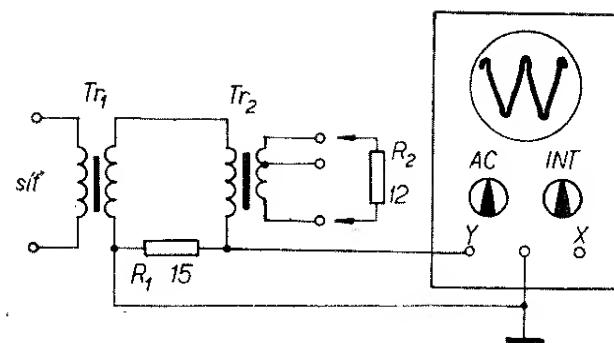
Na osciloskopu můžeme pozorovat útlum kmítů při nezatíženém transformátoru a při zatížení různých odboček.

Indukčnost transformátoru a kapacita kondenzátoru nemusí být vždy stejné jako na obr. 35, pak je třeba volit kapacitu kondenzátoru podle indukčnosti vinutí.

Primární proud transformátoru

1. Zvonkový transformátor napájíme jmenovitým napětím z izolačního transformátoru, aby osciloskop nebyl spojen přímo se sítí. Do primárního obvodu transformátoru vřadíme malý odpór, abychom mohli sledovat průběh proudu (obr. 36).
2. Zesilovač X osciloskopu přepneme na INT a změnou zesílení zesilovače Y a ovládacím prvkem časové základny nastavíme na stínítku obrazovky jeden kmit.
3. Přepínáním odporu na odbočkách měníme zátež transformátoru.

Transformátor nejdříve ponecháme bez zátěže. Na snímacím napětí (které vzniká průchodem proudu odporem)



Obr. 36. Primární proud transformátoru

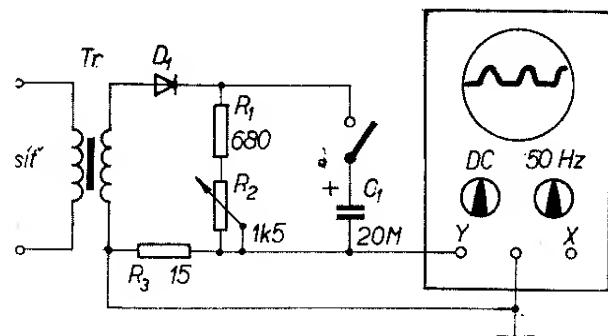
pozorujeme ve vrcholcích sinusovky zkreslení. Tento obraz nám ukazuje změny proudu primárního vinutí a je patrné, že zkreslení nastává v oblasti maxim a projevuje se jako neúměrné zvětšení proudu.

Tento jev si můžeme vysvětlit na tvaru magnetizační křivky. Proud, který prochází primární cívkou, se zvětšuje celkem rovnoměrně, v oblasti nasycení jádra je však k dalšímu zvětšení magnetické indukčnosti potřeba neúměrně větší proud.

Zatížíme-li transformátor na jakékoli odbočce zjistíme, že křivka se sice zvětší (teče větší proud), ale že její tvar má menší zkreslení než dříve. Zkreslení je opět způsobeno zvětšením proudu v oblasti nasycení: celkový proud je však mnohem větší, takže zkreslení v procentech je menší.

Jednocestné usměrnění

1. Síťový transformátor s převodem na menší napětí (50 až 100 V) zapojíme podle schématu na obr. 37. Dioda musí snést



Obr. 37. Jednocestné usměrnění

bezpečně použité sekundární napětí a proud, který odpovídá zvolenému zatěžovacímu odporu.

2. Zesilovač Y přepneme na stejnosměrný vstup DC a nařídíme vhodné zesílení. Ovládacím prvkem časové základny, synchronizované se sítí, nastavíme na stínítku několik impulsů.

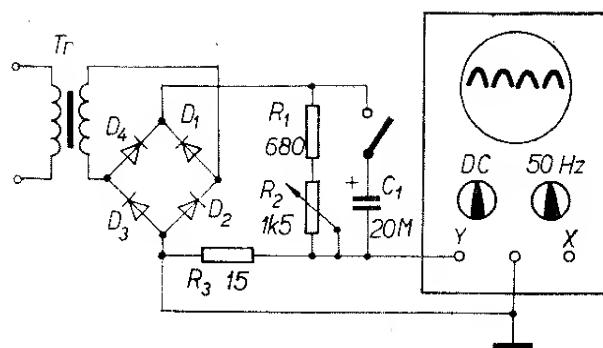
Dioda vede proud pouze jedním směrem a to při kladných půlvlnách (pokud je zapojena podle schématu na obr. 37). Na stínítku obrazovky vidíme kladné impulsy, vychylující světelnou stopu směrem nahoru. Mezi impulsy (při záporných půlvlnách na diodě) je dioda nevodivá a světelná stopa se neodchyluje od osy. Dioda tedy vede pouze po jednu polovinu kmitu.

Změnou zatěžovacího odporu dosáheme zvětšení či zmenšení impulsů, což odpovídá většímu či menšímu proudu do zátěže, nezmění se však nic na tvaru obrazu (mimo jeho výšku). Půl periody dioda tedy nevede a v ten okamžik světelná stopa splyne s osou. Obraz se změní, připojíme-li k obvodu vyhlažovací kondenzátor. Proud diodou při prvním kladném impulsu nabije kondenzátor a v okamžiku záporné půlvlny dodává do zátěže proud kondenzátor, který se tím částečně vybije; to má za následek, že se kladné napětí na něm zmenší. V okamžiku kladné půlvlny na diodě dioda nevede a to do té doby, než bude napětí kladné půlvlny větší než zbytkové napětí na kondenzátoru. To znamená, že diodou prochází proud po kratší časový úsek, než v předchozím případě. Vybijení kondenzátoru můžeme ovlivnit zátěží – proměnným odporem a tím také ovlivňujeme dobu, po kterou dioda vede.

Dvoucestné usměrnění

1. Usměrňovač zapojíme podle schématu na obr. 38 (můstkové zapojení) a dbáme na vhodnou volbu diod, napětí transformátoru a zatěžovacího odporu.

2. Osciloskop přepneme na DC vstup (zesilovač Y), vhodně zvolíme zesílení zesilovače Y a ovládacím prvkem časové základny nastavíme obraz. Časová základna může být synchronizována sítí.



Obr. 38. Dvoucestné usměrnění

U dvoucestného usměrnění jsou vhodným zapojením využity obě půlvlny, což můžeme sledovat na stínítku obrazovky. V okamžiku, kdy je horní konec vinutí kladný, prochází kladná půlvlna diodou D_1 na kladný pól zdroje. Analogicky diodou D_3 , obráceně zapojenou, prochází záporná půlvlna z druhého konce vinutí k zápornému pólu zdroje.

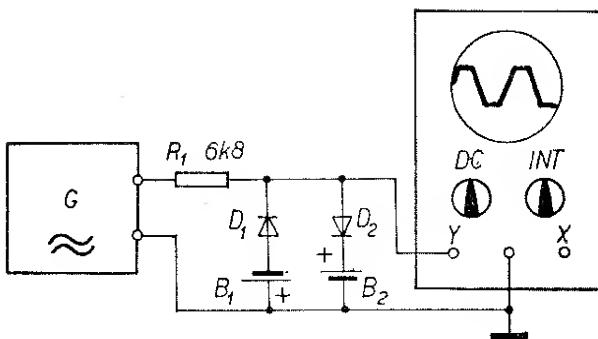
Po proběhnutí kladné půlvlny je na horním konci vinutí záporná půlvlna, která je diodou D_2 přivedena na záporný pól zdroje; z dolního konce vinutí je kladná půlvlna přivedena na kladný pól diodou D_4 . Všechny kladné i záporné půlvlny jsou tedy využity. Napětí na zatěžovacím odporu se sice zmenšuje na nulu, ale okamžitě se znovu zvětšuje na maximum.

Připojíme-li na výstup dvoucestného usměrňovače filtrační (vyhlažovací) kondenzátor zjistíme, že diody vedou po kratší časový úsek, neboť kondenzátor ztratí do příchodu dalšího impulsu (který ho nabíjí) pouze malou část svého náboje. Napětí na kondenzátoru je tedy stálejší a diody vedou po kratší časový úsek.

Napěťové omezení

1. Nízkofrekvenční generátor zapojíme přes odpor na vstup osciloskopu. Za odporom jsou zapojeny baterie s diodami, které tvoří napěťové omezení. Napětí tónového generátoru nařídíme tak, aby bylo větší, než je napětí baterií (obr. 39).

2. Osciloskop přepneme na DC (zesilovač Y) a zesilovač X na INT. Volbou zesílení a kmitočtu časové základny nařídíme obraz.



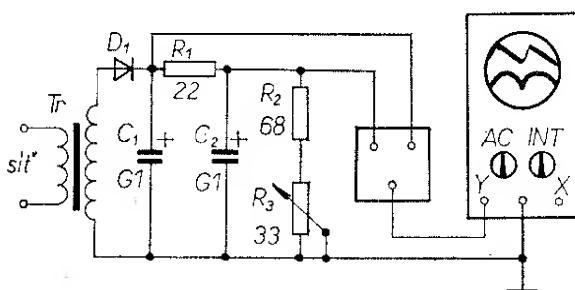
Obr. 39. Napěťové omezení

Podobně jako při usměrnění vedou diody D_1 a D_2 v okamžiku, kdy je napětí nf generátoru (vhodné polarity) větší než napětí baterie. Proud, procházející diodou a baterií vyvolá úbytek napětí na odporu. Z původního sinusového průběhu zůstává tedy křivka, která je do určité velikosti napětí shodná se sinusovkou a pak je „seříznuta“. K seříznutí dochází tehdy, je-li nf napětí větší, než napětí baterie.

Okamžik seříznutí křivky můžeme ovlivnit velikostí napětí baterií. Podobně mění okamžik seříznutí zvětšování či zmenšování výstupního napětí generátoru. Místo seříznutí je však určeno napětím, přivedeným z baterie. Baterie nemusí být stejné a je možno jedny půlvlny nf napětí omezit při jiném napětí, než druhé půlvlny.

Průběhy napětí na filtru

1. Přepínací kmitočet elektronického přepínače nastavíme na deseti až dvacetinásobek síťového kmitočtu.
2. Zesilovač X přepneme na INT a zesilovač



Obr. 40. Průběhy napětí na filtru

Y , přepnutý na vstup AC, nastavíme na maximální zesílení. Zesílení elektronického přepínače nastavíme tak, aby oba získané obrazy byly přibližně stejně velké (obr. 40).

3. Zdroj malého stejnosměrného napětí (např. 24 V) zatížíme odporem a sledujeme tvar křivky napětí na vyhlažovacím filtru.

Bez elektronického přepínače bychom museli sledovat oba děje odděleně a tvary srovnávat z paměti nebo podle nákresu. Elektronický přepínač přepíná vstup osciloskopu z jednoho sledovaného bodu do druhého a sice s velmi vysokým přepínacím kmitočtem. To znamená, že obě křivky jsou tvořeny řadou bodů, které oko nepostřehne (vzhledem k jeho setrvačnosti).

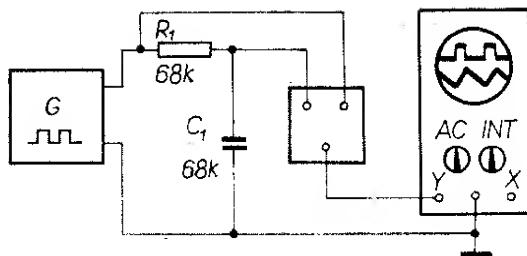
Při jednocestném usměrnění můžeme velmi dobře pozorovat průběh napětí na prvním či druhém kondenzátoru. Napětí na C_1 se v okamžiku, kdy dioda vede, velmi rychle zvětší a po dosažení maxima se pomalu zmenší podle vybíjecí křivky kondenzátoru C_1 . Během záporného napětí na diodě je dioda uzavřena, náboj kondenzátoru není doplňován a stále se zmenší až do doby, kdy kladné napětí na diodě bude větší než zbytkové napětí na kondenzátoru.

Filtr R_1 , C_2 způsobuje nejen pomalé zvětšování napětí na C_2 , ale také jeho pomalé zmenšování. Maxima napětí na obou kondenzátorech nesouhlasí časově a změnou zátěže lze tvar obou křivek do značné míry ovlivnit.

Při dvoucestném usměrnění budou mít nabíjecí impulsy při vstupu do filtru podstatně menší amplitudu a dvojnásobný kmitočet vzhledem k jednocestnému usměrnění.

Zjišťování průběhu napětí na členu RC

1. Zesilovač X osciloskopu přepneme na INT a zesilovač Y , přepnutý na střídavý vstup AC, nastavíme na maximální zesílení. Ovládacím prvkem časové základny nastavíme na stínítku několik průběhů (impulsů).
2. Elektronický přepínač nastavíme na stejné zesílení v obou kanálech, bez stejnosměr-



Obr. 41. Zjišťování průběhu napětí na filtru RC

ného posuvu. Přepínač kmitočet je 100 Hz.

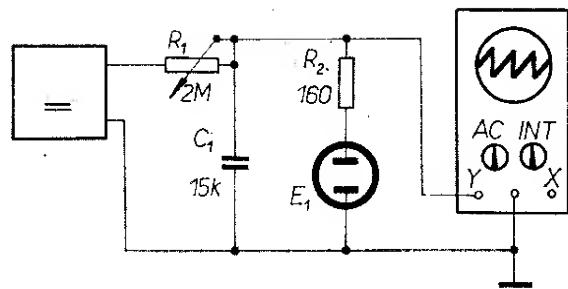
3. Generátor napětí pravoúhlého průběhu nastavíme na kmitočet 1 kHz se střídou 1 : 10 (obr. 41).

Elektronický přepínač nám umožní současně pozorovat na osciloskopu s jedním zesilovačem průběh napětí ve dvou bodech. V tomto případě můžeme srovnávat průběh napětí na generátoru a na kondenzátoru za odporem. Průběh napětí pravoúhlého tvaru, zobrazený na stínítku obrazovky, odpovídá přesně průběhu napětí na generátoru a není také ničím ovlivněn (první křivka).

Druhá zobrazená křivka ukazuje tvar napětí na kondenzátoru za odporem. Porovnáním obou průběhů zjistíme, že během jedné jedenáctiny určitého časového úseku dodává generátor napětí o horní úrovni pravoúhlého impulsu. Ve stejném časovém úseku se napětí na kondenzátoru zvětšuje do maxima (velmi strmá část kmitu). Potom se napětí generátoru zmenší na dolní úroveň, v níž setrvá během 10/11 časového úseku. Na horním oscilogramu je dolní úroveň výstupního napětí generátoru zobrazena vodorovnou úsečkou, a na dolním oscilogramu pozorujeme pozvolné zmenšování napětí na kondenzátoru.

Generátor kmitů pilovitého průběhu

1. Použijeme stabilizátor se zápalným napětím asi 70 V a s ochranným odporem. Stejnosměrný zdroj musí být schopen dodat větší napětí, než je zápalné napětí stabilizátoru (obr. 42).
2. Zesilovač X přepneme na INT a zesilovač Y na střídavý vstup AC . Proměnný odpor v sérii s výstupem zdroje napětí pomalu



Obr. 42. Generátor napětí pilovitého průběhu

zmenšujeme, až se na stínítku objeví kmity.

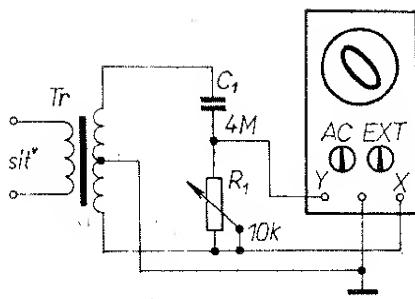
Víme, že plynem plněná výbojka nepropouští proud, není-li napětí na jejích elektrodách větší než tzv. zápalné napětí. Dojde-li k výboji uvnitř výbojky, prochází proud a to i při napětí menším, než je zápalné napětí. Je-li napětí na výbojce větší než tzv. zhášecí napětí, oblouk ve stabilizátoru (výbojce) hoří.

Rozdílu mezi zhášecím a zápalným napětím můžeme využít u generátoru kmitů pilovitého průběhu. Dříve byly tyto generátory velmi často používány pro časové základny v osciloskopu. Kondenzátor se nabíjí ze stejnosměrného zdroje přes proměnný odpor. Bude-li napětí ze zdroje větší než je zápalné napětí plynem plněná výbojky, výbojka zapálí a náboj kondenzátoru se přes výbojku vybije prakticky okamžitě na velikost zhášecího napětí výbojky. Výbojka zhasne a napětí na kondenzátoru se opět zvětší na zápalnou velikost. Čas, za který se tento děj opakuje, můžeme ovlivnit volbou proměnného odporu a kapacitou kondenzátoru.

Zjišťování fázového posuvu

1. U síťového transformátoru spojíme dvě žhavící vinutí do série, nebo použijeme vinutí pro dvoucestný usměrňovač. Součásti musíme volit podle použitého napětí. Menší napětí je vhodnější (obr. 43).
2. Zesilovač X osciloskopu přepneme na EXT , zesilovač Y nastavíme tak, aby byl obraz dostatečně velký.

Nastavíme-li proměnný odpor na minimum odporu, přivádíme na vstup zesilovače X stejné napětí, jako na vstup



Obr. 43. Zjišťování fázového posuvu

zesilovače Y. Bude-li např. kladné, vyčníví se světelná stopa do pravého horního okraje stínítka obrazovky. Protože je napětí střídavé, budou tedy současně obě napětí z kladného maxima klesat k nule a dále do záporného maxima. Při záporném maximu bude světelná stopa v levém dolním okraji stínítka obrazovky. Vytváří tedy na stínítku šikmou přímku.

Nastavíme-li proměnný odpor na maximum odporu, jsou napětí na Y a X obrácené polarity a je-li na vstupu zesilovače X maximální záporné napětí (stopa na stínítku maximálně vlevo), je na vstupu zesilovače Y maximální kladné napětí a světelná stopa je na stínítku nahoře. V tomto případě vytvoří světelná stopa na stínítku obrazovky přímku z levého horního rohu do pravého dolního rohu, tedy kolmou k původní.

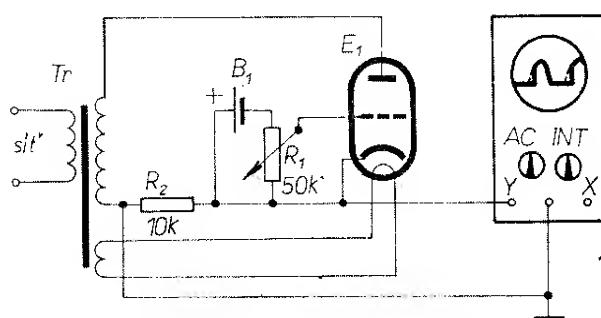
Nepodaří-li se dosáhnout v těchto dvou krajních případech na stínítku obrazovky přímky, znamená to, že zesilovače nepřenášejí věrně fázi a to buď pro fázové zkreslení, nebo pro nestejný počet zesilovacích stupňů. Zesílení obou zesilovačů musí být ovšem stejné.

Změna fáze u výše popsaných dvou krajních případů je 180° . Při sklonu přímky doprava je fázový rozdíl 0, při sklonu doleva 180° . Fázový rozdíl mezi oběma napětími můžeme číst na stínítku obrazovky. Změříme-li délku úsečky, kterou vymezuje elipsa na ose Y a tento údaj dělíme maximální délkou, kterou vymezuje kolmice z osy Y na tuto elipsu v krajních bodech, dostaneme sinus hledaného úhlu. Je-li jedna úsečka dlouhá 3 cm a druhá 6 cm, je podíl 0,5, což je sinus 30° .

Je-li na stínítku kruh, jsou obě úsečky stejně dlouhé. Podíl jejich délek je tedy 1, což je sinus 90° .

Znázornění činnosti tyratronu, řízeného stejnosměrným napětím

1. Sekundární vinutí transformátoru s vhodným napětím (100 až 200 V) připojíme jedním koncem přes odpor na katodu, druhým koncem na anodu tyratronu. Žhavení tyratronu spojíme se žhavicím vinutím. Předpětí řídící mřížky odebíráme z potenciometru, napájeného z baterie (obr. 44).



Obr. 44. Tyratron, řízený stejnosměrným napětím

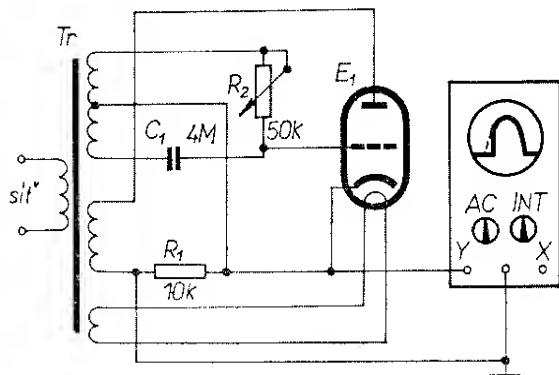
2. Zesilovač X osciloskopu přepneme na INT a zesilovač Y na AC. Po nažhavení tyratronu nastavíme běžec potenciometru na nejmenší předpětí. Volbou zesílení zesilovače Y nastavíme vhodnou velikost obrazu a ovládacím prvkem časové základny nastavíme na obrazovce dva až tři impulsy.

Na počátku impulsu vidíme svislou, rovnou stopu, která přechází v sinusový tvar, který končí u nulové osy. Během záporné půlvlny sleduje světelná stopa nulovou osu. Napětí řídící mřížky určuje okamžik, kdy je zapálen plyn v baňce mezi elektrodami a kdy se tyratron stane vodivým. Po zapálení vede tyratron i při napětí menším, než je zápalné napětí a proto můžeme na stínítku obrazovky sledovat impuls až do nulové osy.

Zvětšením záporného předpětí se zpožďuje okamžik zapálení výboje a tím se zkracuje doba, po níž tyratron vede. Tím se zmenšuje elektrické množství, které předává tyratron do zátěže – lze tedy tímto způsobem řídit napětí, dodávané tyratronem.

Tyratron, řízený fázovým posuvem

1. Síťový transformátor s anodovým napětím 100 až 200 V, vhodným žhavicím napětím a s vinutím $2 \times 6,3$ V zapojíme podle schématu na obr. 45. Vinutí $2 \times 6,3$ V využijeme pro fázový posuv. K získání požadovaných napětí je možné použít i více transformátorů.
2. Zesilovač X osciloskopu přepneme na INT, zesilovač Y na AC a nařídíme vhodné zesílení a vhodný kmitočet časové základny.



Obr. 45. Tyratron, řízený fázovým posuvem

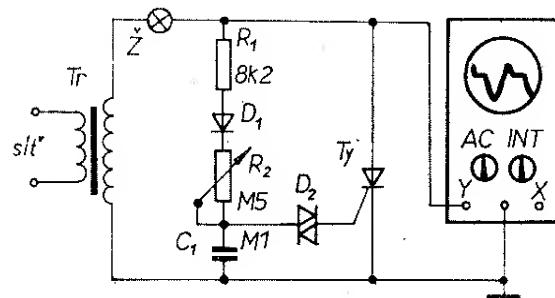
V praxi se více používá způsob řízení napětí posuvem fáze zapalovacího impulsu pro tyratron. Tyratron zapálí při určité velikosti napětí a stačí tedy přivést na mřížku kladný impuls během kladného impulsu na anodě. Tento impuls způsobí zapálení plynu a uvede tedy tyratron do vodivého stavu. Pokud impuls přijde po ukončení kladného impulsu na anodě, nemůže tyratron zapálit a proto nepovede. Pokud přijde impuls v okamžiku kladného maxima na anodě, vede tyratron pouze po zbývající část kladného anodového impulsu. Má-li vést po celý impuls, je třeba přivést na mřížku impuls v počátku kladného napětí na anodě. Vidíme tedy, že posuvem (fázovým) „mřížkového“ impulsu můžeme řídit napětí na zátěži tyratronu.

Zapalování napětí sinusového tvaru není vždy přesné, neboť zvětšení či zmenšení síťového napětí může urychlit či opozdit zapálení tyratronu. Proto jsou tyratrony zapalovány sice krátkými, ale intenzívními impulsy, které jsou pod-

statně větší než úroveň pevného mřížkového předpětí. Předpětím vyloučíme možnost nahodilého zapálení a ostrým, krátkým impulsem určíme přesně okamžik zapálení tyratronu. Tyto zapalovací impulsy jsou tvořeny mimo jiné např. přesycenou tlumivkou. Impulzy se přivádějí do zvláštního transformátoru, kterým protéká mřížkový proud. Impuls se tedy superponuje na mřížkové napětí.

Řízení tyristoru diodou diac

1. Žárovku volíme podle typu tyristoru (obr. 46) a použitého napětí. Celý obvod napájíme přes izolační transformátor, nebo volíme pro celou soustavu menší napětí. Napětí však nesmí být menší, než je spínací napětí diody diac.
2. Zesilovač X přepneme na INT, ovládacím prvkem časové základny nastavíme obraz a jeho velikost upravíme volbou zesílení zesilovače Y, který je přepnut na střídavý vstup AC.

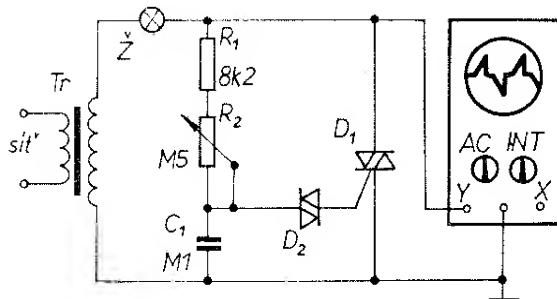


Obr. 46. Řízení tyristoru diodou diac

Zvětšující se kladné napětí během kladné půlvlny nabíjí kondenzátor; při určitém napětí na kondenzátoru dioda diac povede a vybije kondenzátor do řídicího obvodu tyristoru, který se tak stane vodivým. Čas, za který se dosáhne spínacího napětí diody diac, se dá měnit regulačním odporem. Přijde-li zapalovací impuls z diody diac na počátku kladné půlperiody sinusového napětí, tyristor povede a vede až do zániku proudu při nulovém napětí na tyristoru. Záporná půlvlna nenabíjí kondenzátor a tyristor nedostane tedy ani „zapalovací“ impuls.

Řízení prvku triac diodou diac

1. K napájení použijeme izolační transformátor s menším sekundárním napětím (obr. 47).
2. Zesilovač X přepneme na INT a časovou základnou nastavíme obraz, jehož velikost upravíme zesílením zesilovače Y ; zesilovač Y je přepnuto na střídavý vstup AC .



Obr. 47. Řízení prvku triac diodou diac

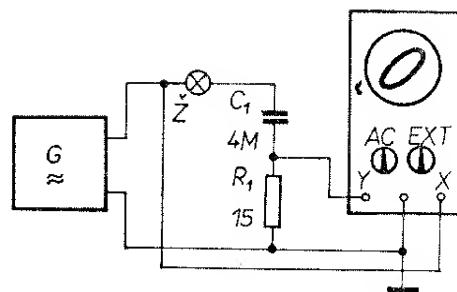
Triac je antiparalelně zapojená dvojice tyristorů ve společném pouzdro. Triac, obdobně jako tyristor, povede tedy proud po „zapálení“ s tím rozdílem, že triac je schopen vést proud oběma směry. Spouštěcí (zapalovací) impuls dostává triac z diody diac tehdy, zvětší-li se napětí na kondenzátoru na velikost spínacího napětí diody diac. Triac setrvá ve vodivém stavu až do doby, kdy na něm nebude napětí.

Vlastnosti tohoto obvodu jsou tedy stejné při kladné půlvlně jako při záporné, neboť oba prvky (jak diac, tak triac) reagují stejně při kladné i záporné půlvlně.

Měření výkonu střídavého proudu

1. Použijeme žárovku na co nejmenší možný výkon a nastavíme výstupní napětí generátoru při nejnižším kmitočtu tónového generátoru tak, aby bylo shodné s jmenovitým napětím žárovky (obr. 48).
2. Zesilovač X přepneme na EXT . Volbou zesílení obou zesilovačů nastavíme na stínítku elipsu.

Pro měření výkonu je třeba znát, jaké napětí odpovídá velikosti výchylek obou zesilovačů pro použité zesílení. Přesnost závisí mimo jiné také na tom, jak přesně známe velikost odporu, z něhož



Obr. 48. Měření výkonu střídavého proudu

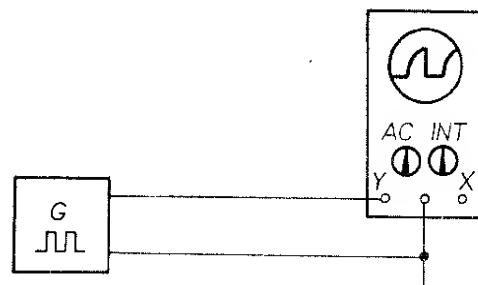
snímáme napětí pro zesilovač Y a z něhož určujeme pak proud pomocí grafu. Měříme-li výkon při síťovém kmitočtu, je možno použít snazších a přesnějších metod. Víme, že součin napětí a proudu udává výkon, pokud jsou proud a napětí ve fázi a pokud pracují do činné zátěže.

Je-li zátěží při měření síťovým kmitočtem prvek s ne čistě činným odporem, i v takovém případě lze mnohem snáze měřit výkon jinými metodami než pomocí osciloskopu.

Přivedením dvou napětí fázově posunutých na vychylovací destičky obrazovky zobrazí světelná stopa na stínítku kruh či elipsu. Z obrazu poznáme, že při maximální výchylce Y je výchylka X rovna nule, a tedy i matematický součin je roven nule, což potvrzuje nesvítící žárovka. Jinak výkon určíme z velikosti výchylek Y a X – je roven polovině součinu obou výchylek.

Zkreslení náběhových hran signálu zesilovačem

1. Generátor napětí pravoúhlého průběhu nastavíme na střední kmitočet 1 kHz,



Obr. 49. Zkreslení náběhových hran signálu

střídu na 1:1 a výstupní napětí asi na 1 V (obr. 49).

2. Žesilovač X přepneme na INT a časovou základnou nastavíme několik pravoúhlých kmitů, dostatečně vysokých. Žesilovač X přepneme na vstup AG.
3. Kmitočet časové základny volíme maximální.

Přiváděný signál má dolní a horní úroveň, přechod z jedné úrovni na druhou je okamžitý, o čemž se přesvědčíme zvětšením jasu stopy. (Maximální jas světelné stopy používáme však vždy pouze krátkodobě, abychom nevypálili svítící vrstvu obrazovky.)

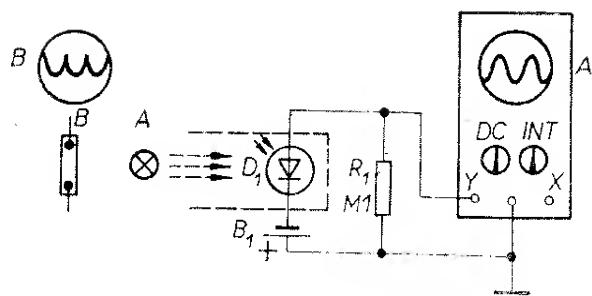
Zvýšme-li kmitočet časové základny, zjistíme podstatné zhoršení tvaru impulsu. Hrana, která při kmitočtu časové základny 1 kHz měla ideální tvar, při vyšším kmitočtu časové základny tento ideální tvar ztratí a zobrazená křivka se podstatně liší od přímky. Zhoršení tvaru křivky, které vidíme na stínítku, nejvíce ovlivňují členy RC v celé cestě signálu zesilovačem. Zpoždění a tedy i deformaci hrany impulsu působí i kapacita samotných vychylovacích destiček.

Předpokladem měření je ideální tvar kmitu z generátoru: tento předpoklad nebývá však vždy splněn. Je tedy zakřivení měřeného průběhu průvodním jevem, který se vyskytuje u každého zesilovače (i generátoru): velikost zakřivení je jedním z kritérií pro posouzení kvality generátoru či zesilovače.

Zakřivení náběhové hrany impulsů můžeme velmi dobře zjistit právě osciloskopem. Aby byl tento parametr udáván jednotně, určuje definice, že náběhový čas je doba, potřebná k tomu, aby se impuls zvětšil z 10 na 90 % své velikosti (výšky).

Srovnání světelného toku žárovky a zářivky

1. Zesilovač X osciloskopu přepneme na INT , zesilovač Y na stejnosměrný vstup DC . Ovládacím prvkem časové základny nastavíme obraz, který, pokud to bude nutné, posuneme do středu stínítka obrazovky ovládacím prvkem pro vertikální posuv.



Obr. 50. Srovnání světelného toku zářivky a žárovky

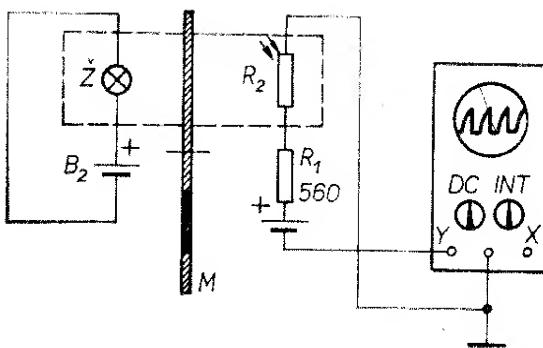
2. Fotodiodu zastíníme, aby na ní dopadalo světlo pouze ze žárovky nebo ze zářivky (obr. 50).

Změna odporu fotodiody po dopadu světla vyvolá na odporu R_1 změnu napětí a tvar tohoto napětí zobrazí světelná stopa na stínítku. Fotodioda reaguje tak rychle, že zaznamenává změnu světelného toku mezi jednotlivými maximy síťového napětí. Světelný tok je úměrný teplotě vlákna, která je závislá na velikosti procházejícího proudu bez ohledu na jeho polaritu. Bude tedy světelný tok kolísat stokrát za vteřinu, neboť při kmítotu 50 Hz má napětí 100 maxim. Čím větší výkon má žárovka, tím je vlákno žárovky tlustší a v minimech proudu nestačí vzhledem ke své setrvačnosti plně vychladnout. Je tedy vhodnější k tomuto pokusu použít žárovku s tenčím vláknem a tedy i menším výkonem.

Při použití zářivky jako světelného zdroje zjistíme, že kolísání světelného toku je daleko větší než u žárovky. Výboj v plynu zářivky způsobuje fluorescenci vrstvy, která je na vnitřní straně skleněné trubice. Tato vrstva nemá se trvačnost vlákna žárovky a může tedy sledovat průběh síťového napětí. Za jistých okolností může tato vlastnost vyvolat stroboskopický jev na otáčejících se předmětech (stroboskop na gramofonovém talíři).

Měření setrvačnosti fotoodporu

1. Na hřídel malého motorku (např. synchronního s 375 ot/min, který se používá pro pohon gramofonu) připevníme lehkou páskovou clonu, která zakrývá fotoodpor a tak zamezuje přístupu světla. Nejprve



Obr. 51. Měření setrvačnosti fotoodporu

použijeme jeden pásek, takže fotoodpor zaznamená dvojnásobek záblesků, potom použijeme dva pásky. Pásy clon je třeba vyrobit velmi přesně, aby byl obraz na stínítku stálý (obr. 51).

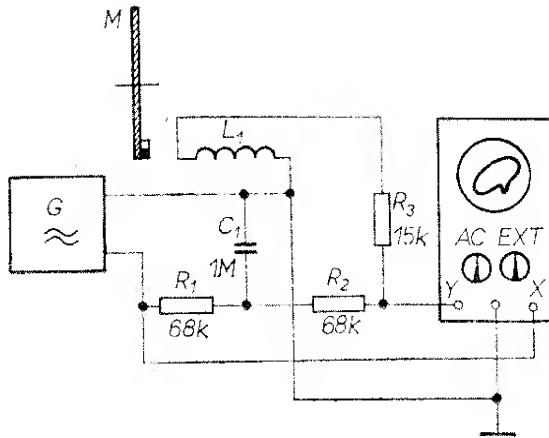
2. Fotoodpor umístíme do stínícího krytu.
3. Zesilovač X přepneme na INT a ovládacím prvkem časové základny nastavíme na stínítku obrazovky několik impulsů. Ovládacím prvkem zesilovače Y , přepnutého na DC , nastavíme velikost obrazu.

Změna odporu fotoodporu při osvětlení a v temnotě může dosáhnout poměru až 1: 100. Má-li odporník R_2 přibližně stejnou hodnotu jako R_1 , je na fotoodporu poloviční napětí baterie v okamžiku, kdy je zakryt clonou. Při osvětlení se odporník fotoodporu zmenší na několik procent původní velikosti a zvětší se tedy proud obvodem a úbytek napětí baterie bude prakticky pouze na R_1 . Protože je vstup zesilovače Y připojen paralelně k fotoodporu, bude na něm napětí kolisat.

Křivka napětí, zobrazená na stínítku, by měla mít pravoúhlý průběh, neboť změny z osvětleného do neosvětleného stavu jsou rychlé. Fotoodpor však není schopen reprodukovat tak rychlé změny bez časového zpoždění: toto časové zpoždění se projeví jako zakřivení náběžné hrany impulsu pravoúhlého průběhu. Tento jev je při zvyšujícím se kmitočtu stále zřetelnější.

Měření rychlosti otáčení

1. Na kotouč, pokud to rychlosť otáčení dovolí, připevníme co nejmenší feritový magnet (pozor na odstředivou sílu!). V blíz-



Obr. 52. Měření rychlosti otáčení

kosti magnetu umístíme cívku s velkým počtem závitů (obr. 52).

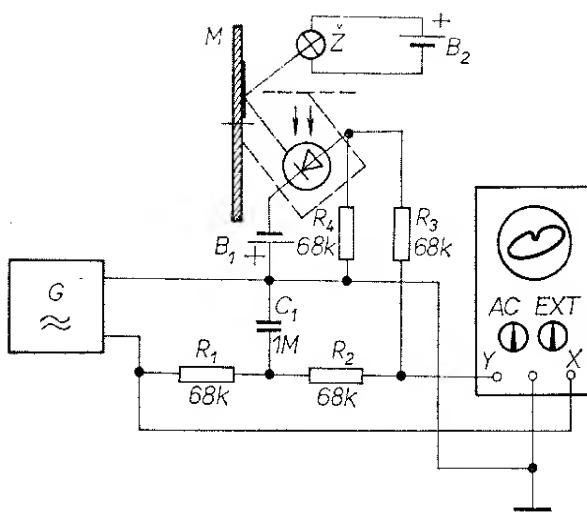
2. Zapneme motor a přesvědčíme se, zda cívka dává dostatečné napětí k výchylce paprsku na stínítku osciloskopu.
3. Vypneme motor, ponecháme ovládací prvek zesílení zesilovače Y beze změny (přepnout na AC) a zapneme tónový generátor. Zesilovač X přepneme na EXT a změnou kmitočtu generátoru nastavíme na stínítku elipsu.

Při každém otočení kotouče se indukuje v cívce napětí (projde-li polem trvalého magnetu), které se projeví na elipse jako kmit. Při jedné poruše elipsy odpovídá rychlosť otáčení motoru kmitočtu generátoru. Pokud bychom použili dva magnety (pro vyrovnání odstředivých sil), pak dvě poruchy na elipse znamenají rychlosť otáčení, odpovídající kmitočtu generátoru.

Při úplné shodě rychlosťi otáčení s kmitočtem generátoru zůstává přerušení elipsy na stejném místě a nepohybuje se. Při pohybu poruchy ve směru pohybu paprsku (předbíhá) je rychlosť otáčení nepatrně větší.

Jiný způsob měření rychlosťi otáčení

1. Na otáčející se kotouč přilepíme malý kus hliníkové vyleštěné fólie, která odraží světlo zdroje na odstíněnou fotodiodu.
2. Výstup generátoru nf napětí připojíme přímo na zesilovač X a přes člen C_1 , R_1 , R_2 na zesilovač Y . Zesilovač X přepneme na EXT . Ovládacími prvky zesí-



Obr. 53. Měření rychlosti otáčení fotodiodou

lení zesilovačů nastavíme na stínítku elipsu (obr. 53).

3. Po spuštění motoru měníme kmitočet tónového generátoru, až se na elipse objeví „porucha“.

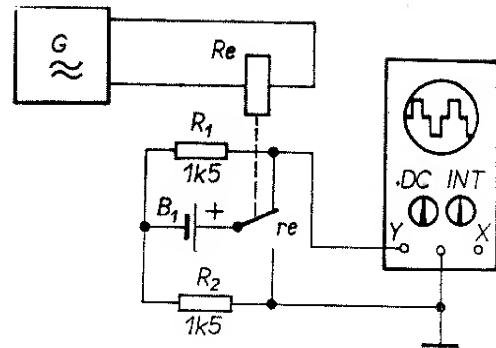
Generátor napájí sinusovým napětím vodorovné vychylovací destičky a svislé destičky jsou napájeny přes člen RC , který sinusové napětí fázově posouvá.

V okamžiku záblesku změní fotodioda odpor a propustí větší proud. Napětí na odporu R_4 je přivedeno na vstup zesilovače Y přes odpor R_3 . Na elipse se objeví porucha, způsobená tímto napětím. Je třeba dbát, aby fotodioda byla dostatečně zastíněna a aby úhel, který svírají dopadající paprsky s kolmicí, byl roven úhlu odražených paprsků.

Zůstává-li přerušení elipsy na stejném místě, znamená to, že rychlosť otáčení přesně odpovídá kmitočtu generátoru. Pokud by na elipse byla dvě přerušení, je rychlosť dvojnásobná.

Přepínací rychlosť kontaktů relé

1. Časovou základnu osciloskopu přepneme na INT a jejím ovládacím prvkem nastavíme na stínítku několik impulsů. Zesílením zesilovače Y, přepnutého na DC, nastavíme vhodnou velikost obrazu.
2. Generátor nastavíme na kmitočet, při němž je relé ještě schopno přepínat. Máme-li relé s klidovou střední polohou kontaktů, odpovídá obraz na obrazovce ná-



Obr. 54. Přepínací rychlosť kontaktů relé

črtku ve schématu na obr. 54; při relé, které pouze spíná, zmizí krátká střední stopa.

Světelná stopa se přesouvá při kmitání přepínacího kontaktu do tří různých úrovní. V okamžiku kladného napětí na vstupu zesilovače Y (kladná půlvlna) se stopa vychýlí do horní úrovně a na této úrovni setrvá během doby sepnutí kontaktů. V okamžiku, kdy mechanická síla překoná elektrickou, odpadne kontakt a stopa se objeví na ose obrazovky. (Pokud byla stopa bez signálu správně nastavena.)

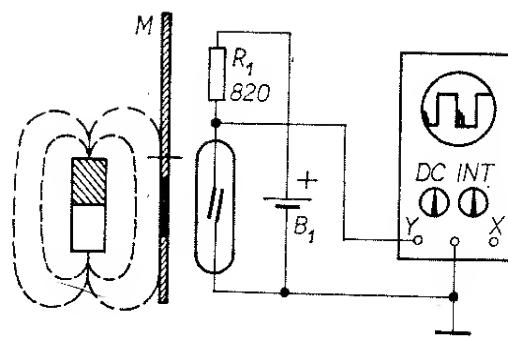
Sinusové napětí (jeho kladná půlvlna) na cívce relé se musí nejprve zmenšit na nulu, pak změnit polaritu, avšak teprve když dosáhne velikosti, při níž magnetické působení kotvy překoná mechanický odporník, přeskocí střední kontakt z klidové polohy do druhé krajní polohy – na vstupu zesilovače Y bude záporné napětí. Stopa se vychýlí do dolní úrovně.

Použijeme-li relé se dvěma polohami, které nemá střední klidovou polohu, zmizí na stínítku střední krátká stopa a paprsek bude přecházet z horní úrovně přímo do úrovně dolní.

U některých relé lze pozorovat krátké přerušení vodorovných stop, což je způsobeno odskočením kontaktu – to je chyba relé, kterou lze v některých případech odstranit.

Zkoušení jazýčkových relé

1. Jazýčkové relé připojíme paralelně ke vstupu zesilovače Y, přepnutého na DC. Kontakt relé připojíme přes ochranný odporník k baterii. Na hřídel malého motorku o 2 800 ot/min (1 400 ot/min) připev-



Obr. 55. Zkoušení jazýčkových relé

níme železný pásek, který bude rotující clonou mezi jazýčkovým relé a trvalým magnetem (obr. 55).

2. Na osciloskopu nastavíme kmitočet časové základny tak, aby na obrazovce byl jeden kmit.
3. Je třeba, aby rotující clona byla pečlivě vyvážena, aby měla malou hmotnost a především aby byla velmi pevně připevněna ke hřídeli.

Jazýčková relé jsou používána velmi často v obvodech, v nichž je třeba dosáhnout spolehlivého spojení míst s menším napětím a s malým výkonem. Kontakty tohoto relé jsou zataveny ve skle, takže nemůže dojít k jejich zaprášení a jinému znečištění. Většinou jsou jazýčková relé konstruována tak, že do dutiny cívky je vložen jeden nebo více kontaktů. Kontakty spínají magnetické pole, vzniklé průtokem proudu cívky.

Abychom vyloučili možnost chyby při elektrickém spínání, použijeme trvalý magnet. Pokud je magnet orientován vůči kontaktu tak, aby silové čáry pole procházely ve směru podélné osy kontaktu, stačí k bezpečnému sepnutí silný magnet ve vzdálenosti 1 cm. Zeslabíme-li magnetické pole oddálením nebo zastíněním magnetu, kontakt relé rozepne.

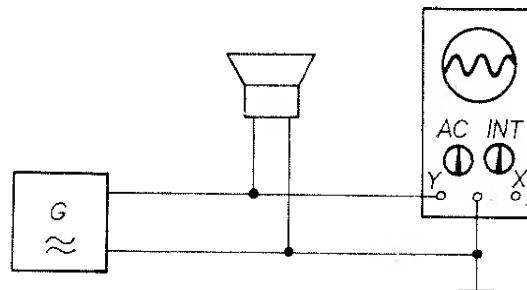
Při dostatečně jasné stopě a rychlé časové základně můžeme na konci impulsu (vznikne při sepnutí) pozorovat zakmitávání.

Při rozepnutých kontaktech je na vstupu zesilovače kladné napětí a stopa na stínítku obrazovky je vychýlena nahoru. Jakmile kontakt sepne, je vstupní svorka zesilovače uzemněna a proud baterie protéká z kladného pólu přes od-

por a sepnutý kontakt k zápornému polo. Kontakt relé nepatrně zakmitá při dopadu na druhý kontakt a vstup zesilovače má několikrát přerušeno uzemnění a stává se kladným.

Měření rozsahu slyšitelnosti

1. Výstupní napětí nízkofrekvenčního generátoru nastavíme při kmitočtu 1 000 Hz tak, aby reproduktor vydával jasné slyšitelný tón (obr. 56).
2. Zesilovač X přepneme na INT a zesílením zesilovače Y, přepnutého na AC, nastavíme velikost obrazu. Výšku obrazu přivedeme pomocí grafu na napětí.
3. Měníme výšku tónu směrem k vyšším i nižším kmitočtům. Výstupní napětí udržujeme konstantní podle výšky obrazu na obrazovce.
4. Kmitočet generátoru můžeme kontrolovat podle cejchování časové základny.



Obr. 56. Měření rozsahu slyšitelnosti

Člověk může vnímat tóny v rozsahu asi od 20 do 18 000 Hz. Schopnost vnímat signály mezních kmitočtů se mění s věkem a závisí také na vrozených dispozicích. Se stářím se horní hranice rozsahu slyšitelnosti snižuje.

Zvuky pod určitou hranicí intenzity – prahem slyšitelnosti – není lidské ucho schopno vnímat. Práh slyšitelnosti závisí nejen na síle zvuku, ale i na jeho kmitočtu. Další hranicí pro lidské ucho je práh bolestivosti, což je taková intenzita zvuku, který působí bolest.

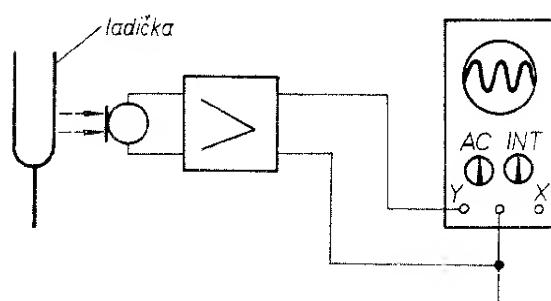
Práh slyšitelnosti, jeho horní hranici, si můžeme snadno ověřit, neboť osciloskop umožňuje



udržovat stálou velikost výstupního napětí a můžeme tedy posuzovat slyšitelnost nastaveného tónu. U vyšších kmitočtů může být náš pokus ovlivněn kvalitou reproduktoru. Pokud jsme použili středotónový reproduktor, můžeme zjišťovat slyšitelnost jen v tom rozsahu kmitočtů, které je schopen tento reproduktor vyzářit. K zjišťování horní hranice slyšitelnosti je třeba použít reproduktor vysokotónový.

Kmitání ladičky

1. Mikrofon se zesilovačem připojíme na vstup AC zesilovače Y.
2. Zesilovač X přepneme na INT, zesilovač Y na AC a zesílením nastavíme velikost obrazu. Kmity, zobrazené na obrazovce, zastavíme ovládacím prvkem časové základny (obr. 58).
3. Ladičku rozezníme v blízkosti mikrofonu a ovládacím prvkem časové základny nastavíme dobře viditelné kmity. Velikost obrazu řídíme zesílením zesilovače Y.
4. Výšku tónu můžeme kontrolovat podle cejchování časové základny.



Obr. 57. Kmitání ladičky

Ladička je vlastně kmitočtovým normálem, který je schopen vydávat (a také přijímat) jen určitý kmitočet. Rozezníme-li ladičku, zjistíme, že amplituda jejich kmitů se postupně zmenšuje, její kmitočet se však nemění. Při zmenšení amplitudy na jednu polovinu uplyne stejný časový interval, jaký je potřeba k dalšímu zmenšení amplitudy na jednu čtvrtinu. Doznívání ladičky je proto velmi dlouhé a zvětšením zesílení můžeme zjistit, že kmitá, i když síla vydávaného tónu poklesla pod prah slyšitelnosti. Jistým omezením jsou při tomto pokusu vlastnosti mikrofonu.

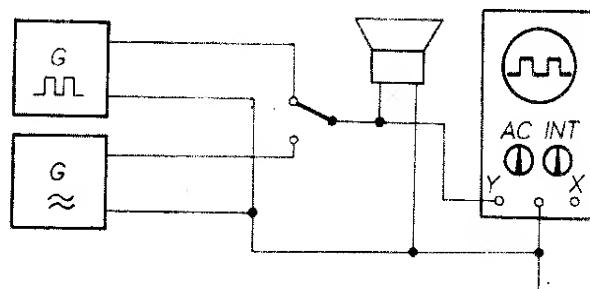
Je-li k dispozici druhá ladička pro stejný kmitočet, můžeme si ověřit rezonanci. Rozezníme první ladičku a v nevelké vzdálenosti umístíme druhou,

s mikrofonem. Na stínítku zjistíme, že po utlumení prve ladičky přijímá mikrofon tón stejněho kmitočtu jako dříve. Zdrojem tohoto tónu je druhá ladička. Předpokladem je přesně stejně naladění obou ladiček. Příčinou kmitání, rezonance, jsou nárazy zvukových vln na ramena ladičky a to na jejím vlastním kmitočtu.

Porovnání signálu sinusového a pravoúhlého průběhu

1. Zesilovač X přepneme na INT, zesilovač Y na AC a zesílením nastavíme velikost obrazu. Kmity, zobrazené na obrazovce, zastavíme ovládacím prvkem časové základny (obr. 58).
2. Generátor napětí pravoúhlého průběhu a tónový generátor nastavíme na stejný kmitočet. Kmitočet srovnáváme pomocí osciloskopu.
3. Paralelně k vstupu zesilovače Y je připojen reproduktor se zesilovačem.

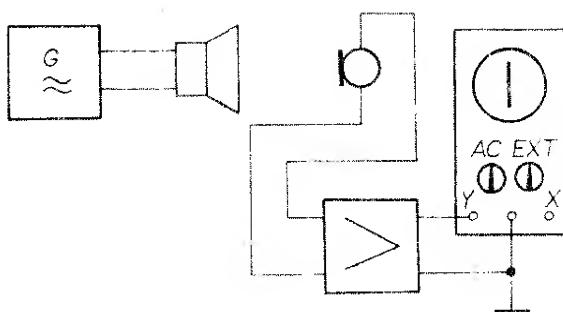
Přivedeme-li pravoúhlé nebo sinusové kmity do reproduktoru, slyšíme podstatný rozdíl v zabarvení tónu, i když jsou amplituda i kmitočet obou signálů shodné. Je tedy barva tónu závislá na průběhu kmitu. Pravoúhlé kmity se skládají ze základního sinusového kmitu stejněho kmitočtu a dalších harmonických kmitočtů. Tyto harmonické kmity mají mnohonásobek základního kmitočtu. Čím se průběh pravoúhlého kmitu více liší od tvaru sinusového kmitu, tím více vyšších harmonických obsahuje.



Obr. 58. Porovnání signálu sinusového a pravoúhlého průběhu

Zjištění vlnové délky tónu

1. Výstupní napětí z tónového generátoru přivedeme na reproduktor, který umístíme



Obr. 59. Zjištění vlnové délky tónu

proti hladké ploše ve vzdálenosti jednoho až dvou metrů.

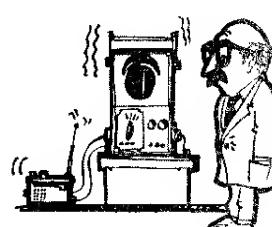
2. Mikrofon umístíme přibližně do středu mezi plochou a reproduktorem. Výstup mikrofonu přivedeme přes mikrofoniční zesilovač na vstup zesilovače Y , přepnuty na AC . (Je-li zesilovač Y dostatečně citlivý, není mikrofoniční zesilovač nutný.)
3. Zesilovač X přepneme na EXT a volbou zesílení nastavíme na stínítku obraz – úsečku. Ovládacím prvkem posuvu ve svíslém směru nastavíme úsečku na střed stínítka.
4. Mikrofonem pohybujeme v pomyslné spojnici mezi reproduktorem a stěnou.

Z reproduktoru se šíří zvuk jako podélné kmitání jednotlivých vzduchových částic. Od odrazové desky se odráží a vrací zpět.

Na mikrofon působí jako vlna postupující z reproduktoru, tak i vlna odražená. Pohybujeme-li mikrofonem, můžeme na stínítku obrazovky zjistit patrné zvětšování a zmenšování úsečky, neboli zvětšování a zmenšování napětí z mikrofonus.

Postupná i odražená vlna se v některých místech sčítají a v jiných odčítají, čímž vznikají maxima – kmitny a minima – uzly. Jejich určením z velikosti úsečky na stínítku a ze vzdálenosti, o kterou jsme mikrofon posunuli, zjistíme vlnovou délku.

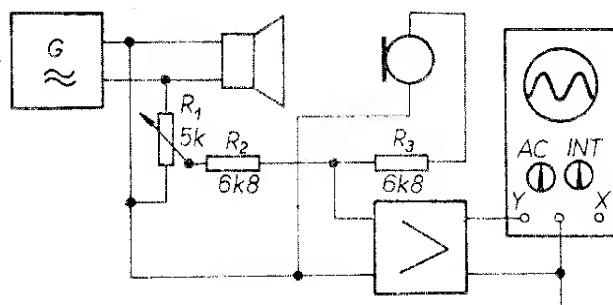
Vzdálenost mezi dvěma uzly nebo vzdálenost mezi dvěma kmitnami je totožná s poloviční vlnovou délkou. Zjištování minim, uzlů,



je přesnější, než zjišťování maxim, kmiten.

Měření rychlosti zvuku ve vzduchu

1. Signálem tónového generátoru, nastaveného na kmitočet 1 kHz, napájíme reproduktor. Velikost výstupního napětí nastavíme tak, aby mikrofon dával dostatečné napětí k vybuzení zesilovače a tedy i dostatečně velký obraz na stínítku osciloskopu.
2. Zesilovač přepneme na výstup tónového generátoru a potenciometrem nastavíme stejnou výchylku na stínítku obrazovky, jako v předešlém případě (obr. 60).



Obr. 60. Rychlosť zvuku ve vzduchu

3. Zesilovač Y přepneme na vstup AC , nastavíme velikost obrazu a kmity zastavíme ovládacím prvkem časové základny.
4. Mikrofonem pohybujeme přímočarým pochodem a zaznamenáváme vzdálenosti dvou minim.

Zvuková vlna z reproduktoru se pohybuje ve směru k mikrofonu a vyvolá v něm určité napětí. Stejně velké napětí bylo přivedeno na zesilovač přímo z tónového generátoru. Obě tato napětí se sčítají při soufázovosti a odčítají, pokud najdeme místo, v němž je napětí mikrofonus v protifázi. V teoretickém případě by se mělo dosáhnout nulového napětí, ovšem v praxi toho nedosáhneme, neboť zvuk se bude šířit všemi směry a také odrážet (lépe nastavit menší hlasitost) zpět do mikrofonus. Zjistíme-li vzdálenost dvou bodů (míst), v nichž bude rozdíl napětí z generátoru a z mikrofonus blízký nule, určíme vlnovou délku použitého kmitočtu. Z vlnové délky a doby trvání kmitu zjistíme rychlosť šíření signálu ve vzduchu.

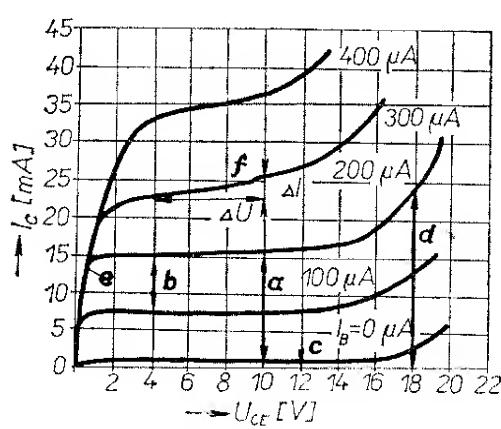
Snímač charakteristik

Dr. Ludvík Kellner

Jedním z pomocných zařízení k osciloskopu je charakterograf, který při měření polovodičových prvků prokáže nenahraditelné služby.

Konstrukční katalogy tranzistorů uvádějí soubor kolektorových charakteristik, které informují o vlastnostech tranzistorů. Soubor těchto křivek se však nedostane vždy do rukou každému uživateli, a kromě toho technické údaje výrobců platí jen do určité míry, protože rozptyl ve výrobě součástek způsobí podstatný rozdíl mezi ideální a skutečnou charakteristikou. Mimo to kolísání teploty silně ovlivňuje chování tranzistorů a zkoušet tyto odchylky u tranzistorů v zařízení je dosti problematické.

Proto je výhodné použít pro měření tranzistorů, tranzistorů řízených polem (FET), i ostatních polovodičových prvků snímač charakteristik všude tam, kde vyžadujeme přesně definované parametry, protože snímač místo pracného měření bod po bodu nakreslí najednou celý soubor charakteristik.



Obr. 61. Měření snímačem charakteristik

Co vlastně „umí“ náš snímač charakteristik?

Je-li osciloskop, který používáme (nebo jeho rastr) cejchován:

1. Přímo ukáže stejnosměrný i střídavý zesilovací činitel tranzistorů (obr. 61);
 - a) Stejnosměrný zesilovací činitel =
$$= \frac{I_C}{I_B} = \frac{16 \text{ mA}}{200 \mu\text{A}} = 80;$$
 při $U_C = 10 \text{ V}$, $I_C = 16 \text{ mA}$.
 - b) Střídavý zesilovací činitel =
$$= \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{15 - 7,5 \text{ mA}}{200 - 100 \mu\text{A}} = 75;$$
 při $U_C = 4 \text{ V}$, I_C asi 15 mA .
2. Měří klidový proud mezi kolektorem a emitorem — I_{CE0} (obr. 61c); 1 mA při 12 V :
 - vyhodnocuje průrazné napětí mezi kolektorem a emitorem (obr. 61d); 18 V při $I_B = 200 \mu\text{A}$,
 - měří saturační napětí kolektoru $U_{CE(sat)}$ (U_{CES}); $0,5 \text{ V}$ při 14 mA (obr. 61e).
3. Můžeme sledovat chování tranzistoru se změnou teploty, ochlazujeme-li nebo ohříváme-li měřený tranzistor (tranzistor lze ohřívat buď sálajícím teplem, nebo vlastním ohřátím přechodu procházejícím proudem).
4. Pozorujeme závislost napětí a proudu diod, Zenerových (stabilizačních) diod, fotočlánků, příp. tyristorů.
5. Podle charakteristik (pomocí jednoduchého přepínače) můžeme vybírat prvky se stejnou charakteristikou.
6. Zjišťujeme dynamický výstupní odpor kolektoru (obr. 61f);

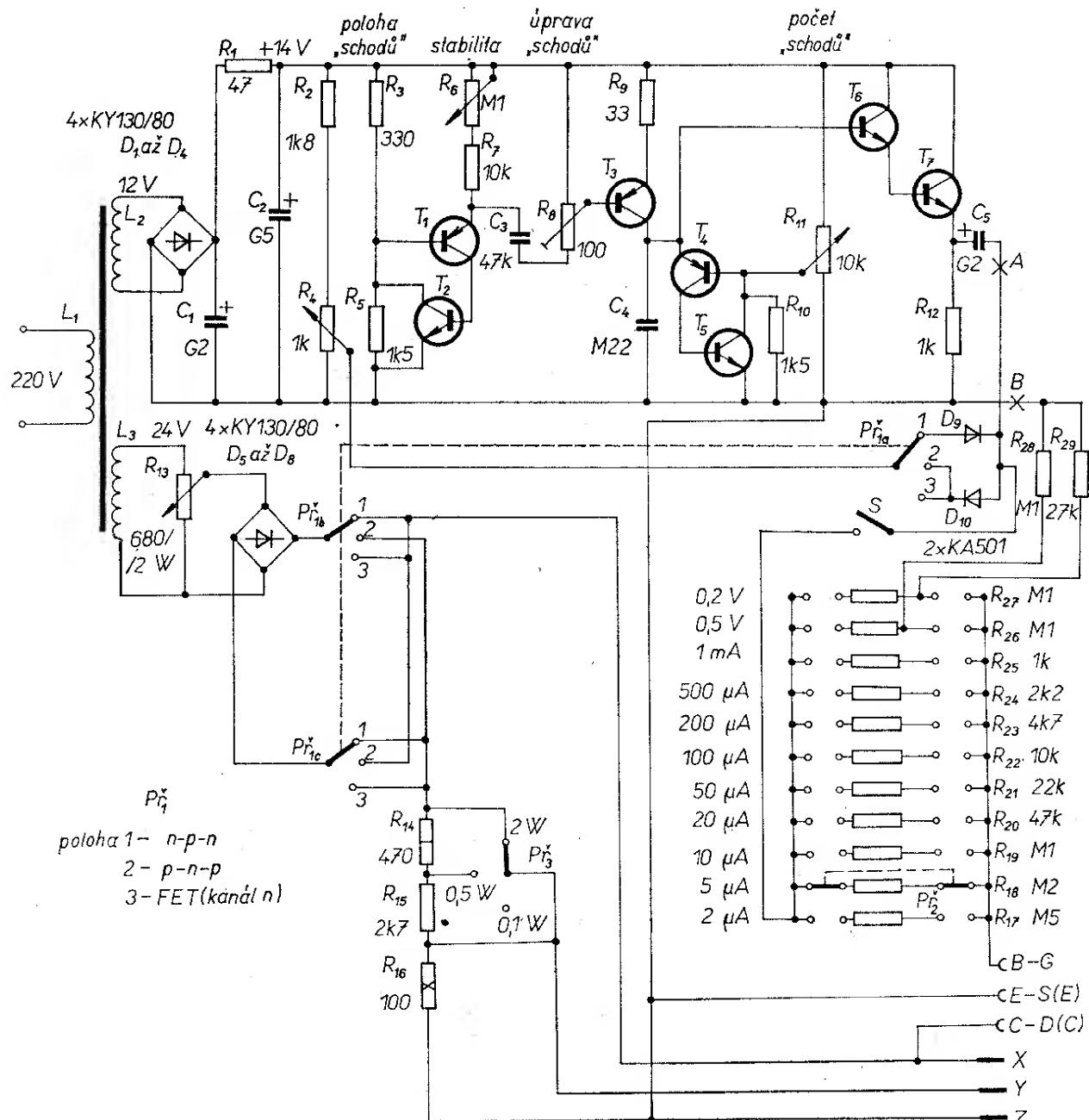
$$\frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{6 \text{ V}}{2,5 \text{ mA}} = 2\,400 \Omega \text{ (při } 10 \text{ V).}$$

Popis zapojení

Zapojení přístroje je na obr. 62. Ko-
lektor zkoušeného tranzistoru je napá-
jen usměrněným pulsujícím napětím,
které podle potřebné polarity přepíná-
me přepínačem $Př_1$. Drátovým proměn-
ným odporem R_{13} řídíme napětí plynule

od nuly do 24 V (příp. i do většího napětí, použijeme-li transformátor na větší napětí). Přepínač P_3 slouží k přepínání záťžeze zkoušeného tranzistoru.

Do báze tranzistoru přes omezovací odpor (zařazujeme ho přepínačem P_2) přivádíme napětí se stupňovitým (schodovitým) průběhem. Každý stupeň napětí schodovitého průběhu nakreslí jeden křivku z celkového souboru charakteristik tranzistoru.



Obr. 62. Zapojení snímače charakteristik

Generátor napětí schodovitého průběhu je napájen usměrňovaným a filtrovaným napětím asi 14 V. První a třetí stupeň generátoru v původní verzi byl osazen tranzistorem UJ (diodou se dvěma bázemi, unijunction transistor). První tranzistor UJ pracoval jako relaxační oscilátor. Protože u nás tyto prvky nejsou vyráběny, bylo použito náhradní zapojení, které je jednoduché a také levnější. Jako náhrada tranzistorů UJ byly použity komplementární tranzistory T_1 a T_2 , popř. T_4 a T_5 .

Přes R_6 a R_7 se vybíjí kondenzátor C_3 do té doby, než napětí na emitoru T_1 dosáhne asi 8 V. V tom okamžiku se cesta mezi emitorem T_1 a T_2 stává vodivou a intenzívní záporný impuls se přes kondenzátor C_3 dostane do báze T_3 . Tranzistor T_3 je zdrojem konstantního proudu, který řídíme zápornými impulsy; impulsy z kolektoru tranzistoru T_3 nabijí kondenzátor C_4 . Po dosažení vrcholu napětí schodovitého průběhu na C_4 se druhá dioda s dvěma bázemi (tzn. T_4 a T_5) stává vodivou a vybije náboj kondenzátoru C_4 . Potom se děj znova opakuje. Tranzistory T_6 a T_7 tvoří emitorový sledovač v Darlingtonově zapojení s velkým vstupním odporem, aby proud do báze zkoušeného tranzistoru nezatěžoval generátor napětí schodovitého tvaru. Diody D_9 a D_{10} posouvají stejnosměrnou úroveň napětí schodovitého průběhu podle toho, zda testujeme tranzistor s vodivostí p-n-p nebo n-p-n. Odpor R_4 posouvá stejnosměrnou úroveň tak, aby jeden ze „schodů“ dodával nulovou úroveň (pro měření FET). Odpor R_{16} jednak omezuje proud testovaného tranzistoru a jednak slouží i k tomu, aby každý miliampér kolektorového proudu vyvolal na něm napětí 0,1 V, které se vede na vertikální zesilovač osciloskopu.

Použité součástky

Transformátor budeme muset navinout. Stačí i menší, třeba s jádrem M17 (M55); primární vinutí L_1 bude mít 3 000 závitů drátu o \varnothing 0,12 mm, sekundární vinutí L_2 170 závitů a L_3 350 závitů. Vinutí L_2 a L_3 jsou vinuta drátem o \varnothing 0,2 mm.

Generátor napětí schodovitého tvaru byl postaven ve dvou variantách; s germaniovými a křemíkovými tranzistory. Rozdíl ve funkci jsem však nezjistil. Nejlevnější osazení bude asi toto:

T_1, T_3, T_4 – GC515 nebo pod.,
 T_2, T_5 – 101NU71:
 T_6 a T_7 – libovolné křemíkové tranzistory n-p-n.

Na použité tranzistory nejsou kladený zvláštní požadavky, mohou být i druhé jakosti, pokud nemají nadměrný proud I_{CBO} a I_{CEO} . Kondenzátory C_3 a C_4 mají být jakostní, s co nejmenším svolovým proudem.

Generátor je na destičce s plošnými spoji o velikosti 55 × 165 mm (obr. 63) společně se zdrojem. Na místech vývodů k regulačním prvkům na desce s plošnými spoji jsou připájeny pájecí sloupečky. Některé součástky pájíme přímo na regulační prvky.

Uvedení do provozu

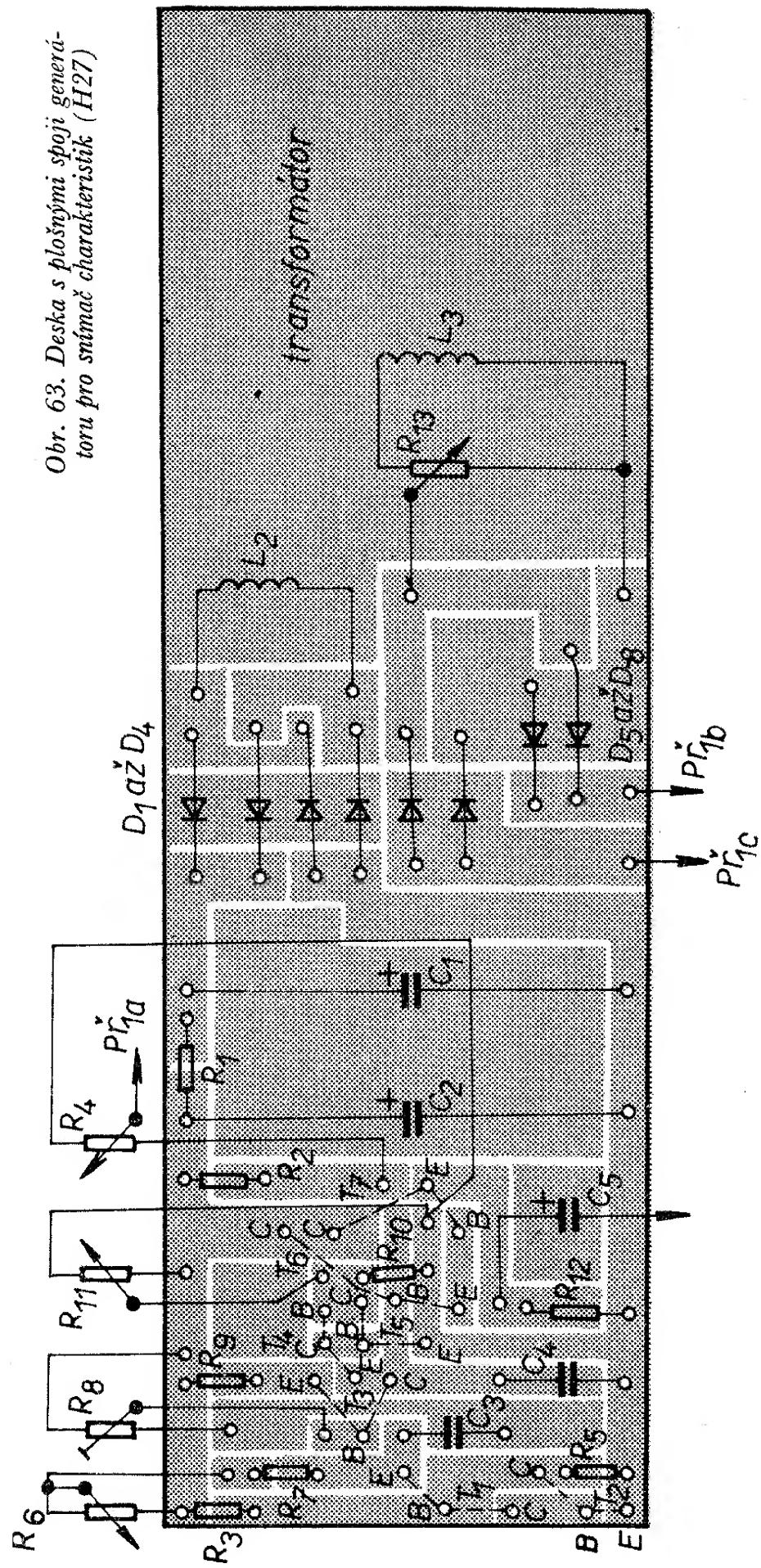
Nejprve kontrolujeme napětí zdroje, na C_2 má být +14 V (malý rozdíl, např. ± 1 V není na závadu). Potom kontrolujeme napětí na napájecí části pro zkoušené tranzistory a správnou funkci regulačního proměnného odporu R_{13} . Napětí musí být možno plynule reguloval od nuly alespoň do 24 V. Pak připojíme ke zdroji generátorovou část, spínač S je vypnut. Bod A spojíme se vstupem vertikálního zesilovače osciloskopu, bod B propojíme se zemnicím bodem osciloskopu. Na stínítku se mají objevit stupně napětí schodovitého průběhu. Časová základna osciloskopu je vypnuta. Kdyby generátor nepracoval, hledáme závadu tak, že vstup vertikálního zesilovače osciloskopu postupně připojujeme na emitor T_1 , na bázi T_3 , na kolektor T_3 , na bázi T_4 : po přiložení měřicího hrotu na tato místa se musí na stínítku objevit různé tvarovací fáze napětí obdélníkovitého, popř. schodovitého průběhu. Podle toho můžeme případnou chybu v zapojení lokalizovat a odstranit. Když jsou „schody“ v pořádku, nastavíme R_8 tak, aby každý schod znamenal přírůstek 1 V. Potenciometrem R_{11} regulujeme počet schodů (to znamená i počet

nakreslených charakteristik v souboru). Regulace je možná v rozmezí asi od tří do patnácti křivek.

Je-li generátorová část přístroje v pořádku, připojíme i další část napájecího dílu přístroje a nějaký zkušební tranzistor. Časovou základnu osciloskopu zapojíme a nastavíme na 50 Hz, snímač charakteristik propojíme s osciloskopem podle obr. 62. Po zapnutí spínače S by se měl na osciloskopu objevit soubor charakteristik. Přepínačem P_2 nastavíme proud báze na nejmenší velikost $-2 \mu\text{A}$ a potom proud báze postupně zvětšujeme. Proměnným odporem R_6 nastavíme stabilitu tak, aby blikání obrazu bylo co nejmenší. Stupně nastavíme nejlépe tak, aby základní první křivka odpovídala vodorovné čáře (tj. nule, lépe řečeno $I_B = 0$), která se objeví na stínítku při vypnutém spínači S . Pokud je osciloskop kalibrován, výchylka ve vodorovném směru se může číst přímo ve voltech: ve svislém směru představuje výchylka pro 1 V kolektorový proud 10 mA. Podle toho, do kterých zdírek zapojíme přístroj na osciloskopu, dostaneme soubor charakteristik, umístěných běžně, „vzhůru nohama“ nebo převrácených stranově. Obvykle je možné obraz invertovat, když však osciloskop na to není zařízen, nic se nestane, na výsledku (průběh charakteristik) se nic nemění.

Polem řízené tranzistory s kanálem typu n zasuneme do objímky podle

Obr. 63. Deska s plošnými spoji generátoru pro snímač charakteristik (H27)



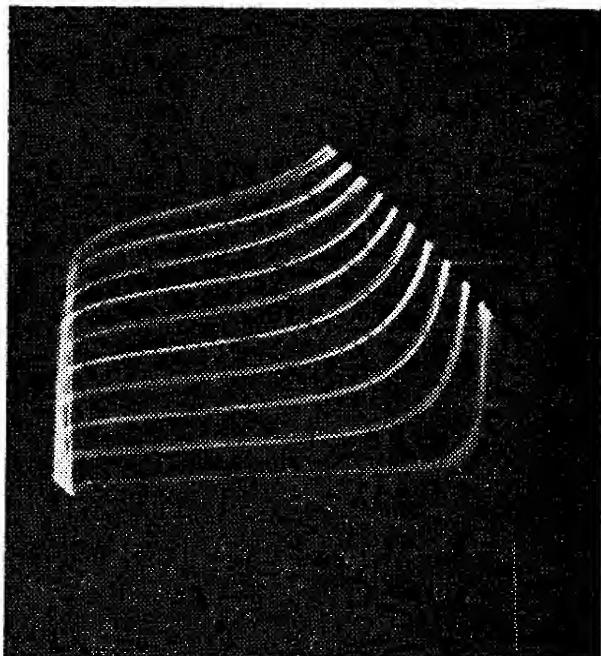
označení. Přepínač P_2 má být přitom na některé ze tří posledních poloh, aby na elektrodě G tranzistoru bylo potřebné napětí. Přepínač P_1 je v poloze 3. Základní křivka na obrazovce má být stejná jako při měření běžných tranzistorů v poloze přepínače $I_B = 0$.

Vstupní charakteristiky báze-emitor, nebo charakteristiky usměrňovačů a Zenerových (stabilizačních) diod, fotoelektrických prvků apod. se získají tak, že je zapojíme pouze na vývody pro kolektor-emitor.

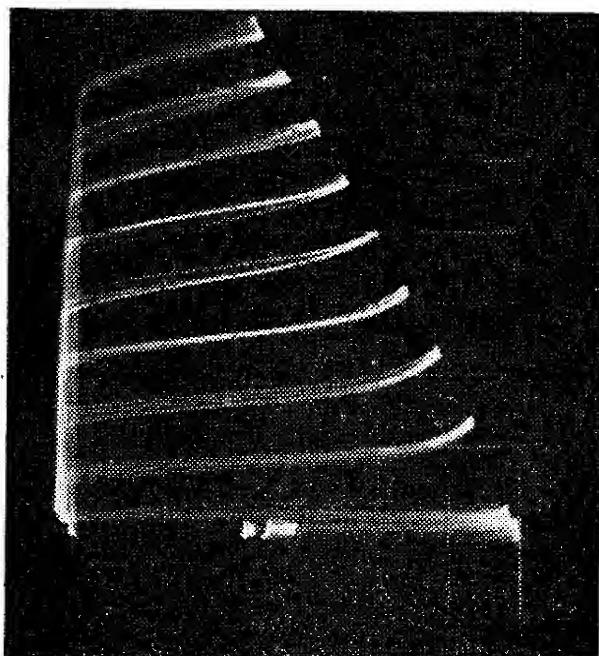
Konstrukční uspořádání

Konstrukčně byl přístroj uspořádán tak, že součástky, které nejsou na destičce s plošnými spoji, jsou připájeny na vývody regulačních prvků, které jsou upevněny na čelním panelu. Destička s plošnými spoji je připevněna úhelníčky také k čelnímu panelu. Přístrojová krabice vhodné velikosti (podle velikosti čelního panelu a součástek) byla slepena z polystyrénových desek tloušťky asi 1,5 mm a polepena samolepicí tapetou. Nápis jsou zhotoveny suchými obtisky.

Určitým problémem je úprava uchy-



Obr. 67. Charakteristiky tranzistoru 154NU70 při $U_{CE} = 15$ V a $I_B = 20 \mu A$



Obr. 66. Charakteristiky tranzistoru KFY34 (KF506) při $U_{CE} = 25$ V a $I_B = 20 \mu A$

cení měřených součástek. Protože je čelní panel svislý, nelze na něj upevnit různé objímky přímo: proto jsem měřící objímky řešil jako výměnné lišty. Na čelní panel jsem připevnil zásuvku s nezaměnitelnými plochými kontakty. Zásuvka byla zkrácena – pocházela z výprodejních součástí počítače EPOS. Do této zásuvky se původně zasunovaly normalizované desky s plošnými spoji s pozlacenými kontakty. Z takové desky jsem odřízl kus asi 40×40 mm tak, aby byly zachovány původní pozlacené plošné kontakty a k nim jsem připevnil různé druhy objímek (na každou destičku jeden nebo dvě). Destičky s objímkami se dájí lehce vysunovat, vyměňovat a manipulace s tranzistory a ostatními součástkami je jednoduchá a pohodlná. Na obr. 64 je vzhled hotového přístroje, na obr. 65 jeho vnitřní uspořádání (3. a 4. str. obálky).

Na obr. 66 je charakteristika tranzistoru KFY34 při $U_{CE} = 25$ V, $I_B = 20 \mu A$; na obr. 67 je soubor charakteristik tranzistoru 154NU70 při $U_{CE} = 15$ V a $I_B = 20 \mu A$ – na obrázku jsou vidět i průrazné body tranzistoru při různém proudu báze.

SS nanoampérmetr a voltmetr s velkým vstupním odporem

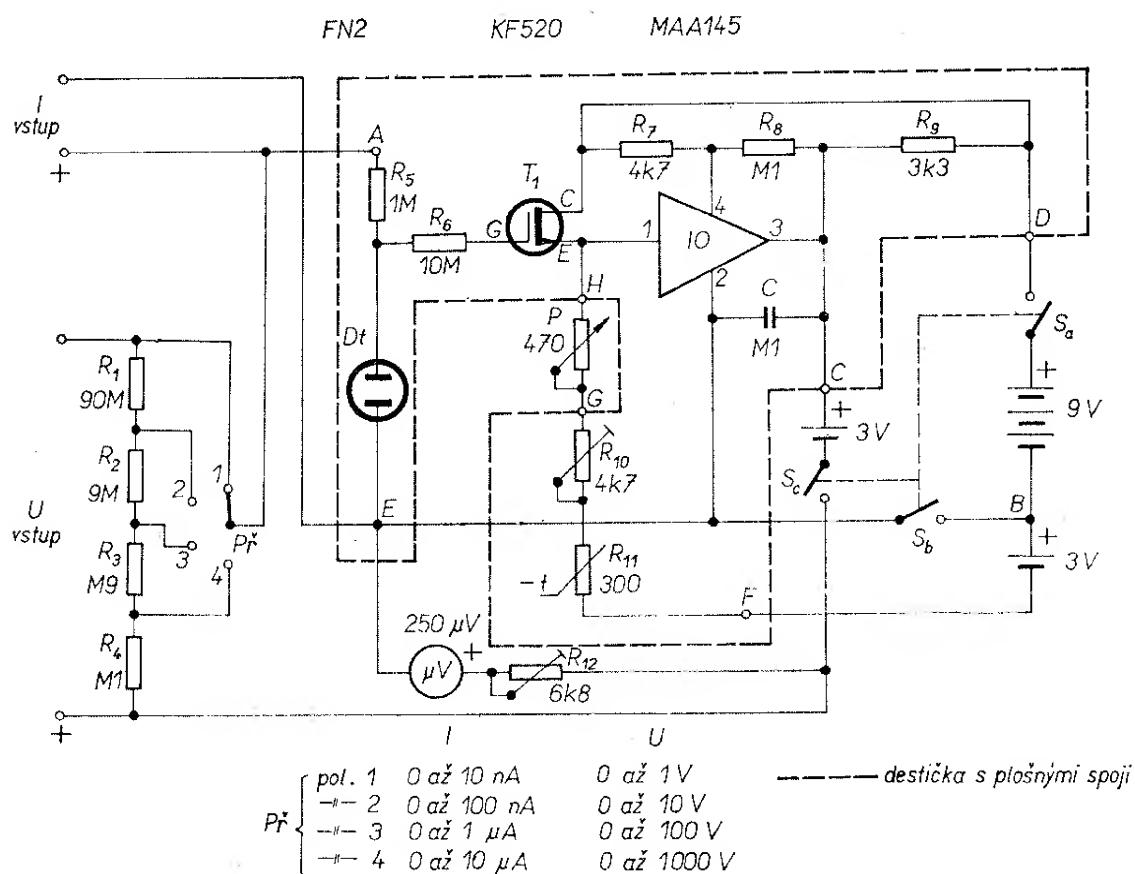
Dr. Ludvík Kellner

S jedním tranzistorem řízeným polem (KF520) a s jedním lineárním integrovaným obvodem můžeme zhотовit bez zdlouhavého cejchování měřidlo, které svými parametry obstojí i při velmi náročném provozu. Tímto měřicím přístrojem jsem měřil např. i zbytkové proudy a klidový proud křemíkových tranzistorů, dosud neměřitelných běžnými měřicími přístroji.

Technické údaje

1. rozsah: 0 až 10 nA, 0 až 1 V,
 2. rozsah: 0 až 100 nA, 0 až 10 V,
 3. rozsah: 0 až 1 μ A, 0 až 100 V,
 4. rozsah: 0 až 10 μ A, 0 až 1 000 V.

Vnitřní odpor při měření napětí na všech rozsazích je $100 \text{ M}\Omega$ (tzn., že na rozsahu 1 000 V je vstupní odpor 100 kiloohmů/V, na rozsahu 100 V je



Obr. 68. Zapojení stejnosměrného nanoampérmetru a voltmetru s velkým vstupním odporem

$1 \text{ M}\Omega/\text{V}$ atd.). Při měření proudu je úbytek napětí asi 5 mV . Přesnost měření je při pečlivě vybraných odporech v děliči lepší než 5% .

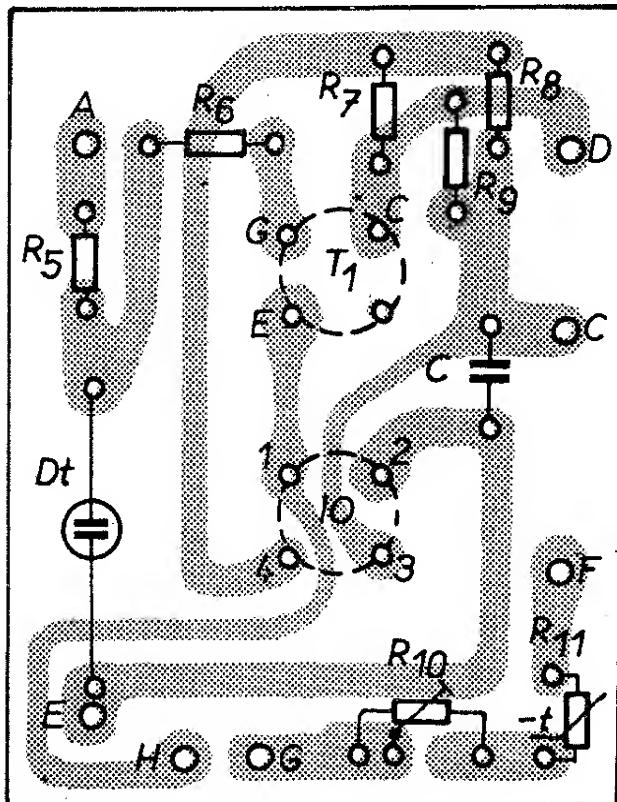
Elektrické zapojení měřicího přístroje je na obr. 68. Vstupní tranzistor je typu KF520; jeho ochranu proti přepětí tvoří jednak odpor R_6 , a jednak doutnavka FN2 (nebo jiná, se zápalným napětím menším než 70 V). Velký vstupní odpor přístroje je dán jednak vstupním děličem, jednak vstupním odporem tranzistoru T_1 . Protože KF520 potřebuje k uspokojivé práci poměrně velké napětí, bylo třeba použít napájecí napětí 12 V . Výstupní signál z tranzistoru T_1 je zesilován integrovaným obvodem MAA145.

Odporový trimr R_{10} zavádí malou zápornou zpětnou vazbu: kladná zpětná vazba přes R_8 pomáhá k mimořádně velkému zesílení obvodu – při použití měřidla s citlivostí $250 \mu\text{A}$ je na prvním proudovém rozsahu s plnou výchylkou 10 nA zesílení $25 000$. Stárnutí baterie nemá podstatný vliv na výsledky měření. K napájení je lépe použít suché baterie, protože síťový zdroj by mohl vnášet do přístroje rušivé jevy. Já jsem

použil pět malých kulatých baterií 3 V ve společném pouzdře.

Konstrukce přístroje

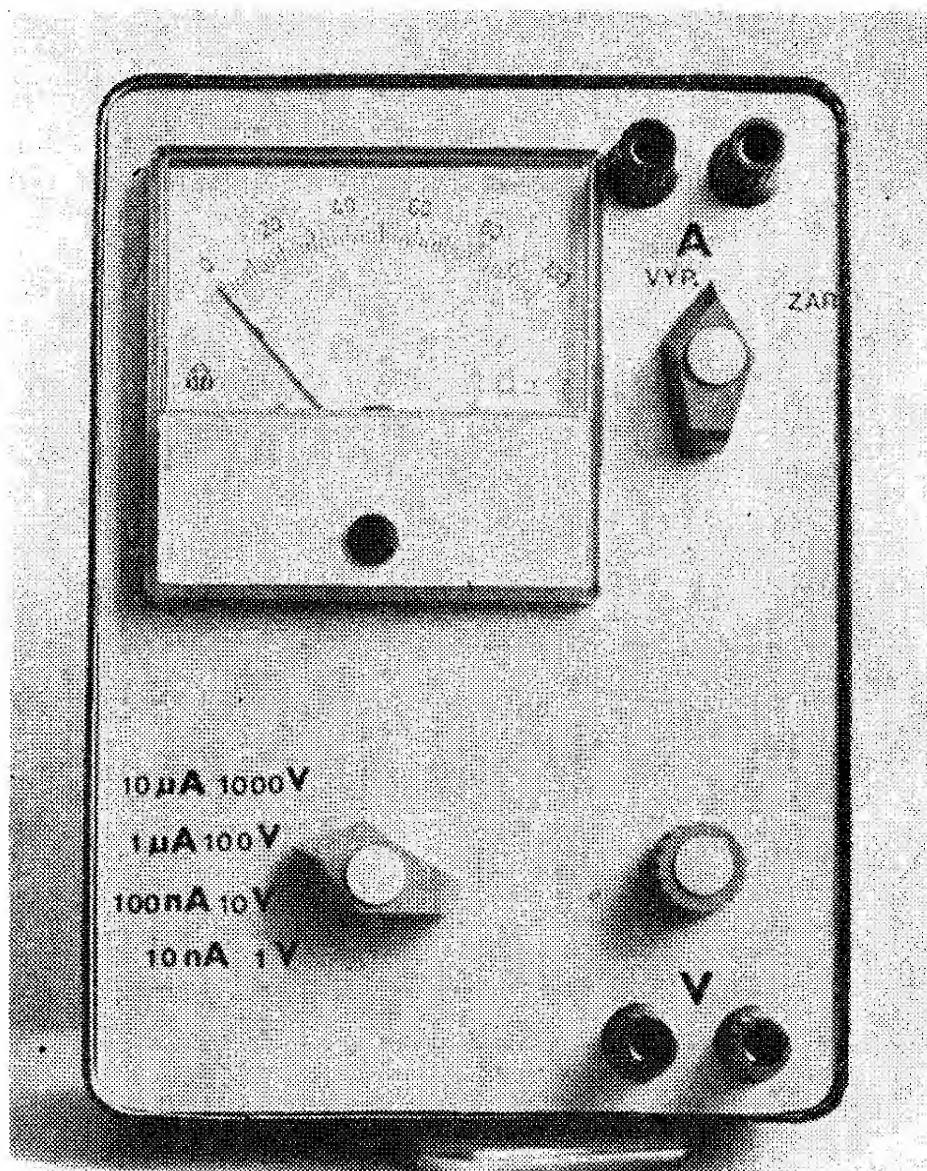
Součástky, kromě odporů vstupního děliče, připájeného přímo na přepínač, trojitého spínače S , potenciometru P , měřidla s R_{12} a baterie jsou umístěny na destičce s plošnými spoji velikosti $55 \times 70 \text{ mm}$ (obr. 69). Spoje destičky s ostatními součástkami jsou označeny velkými písmeny. Tranzistor T_1 i integrovaný obvod nejsou pájeny, jsou zasunuty do objímky. Polohu objímky je vhodné na desce se spoji vyznačit bodem, k němuž směrují také výčnělky na pouzdro T_1 a IO při zasunutí. Přepínač na vstupu je keramický, čtyřpolohový, jednosegmentový, protože dělič k měření proudu i napětí je společný. Velké odpory jsou skládány po pečlivém měření na přesném můstku a jsou případně doplněny odporovými trimry. Odpor R_{11} je termistor, pokud možno perličkový (který má malou tepelnou setrvačnost), ale i bez něj je však nastavení nuly stabilní.



Obr. 69. Deska s plošnými spoji stejnosměrného nanoampérmetru a voltmetru s velkým vstupním odporem (H28)

Po zapnutí nastavíme přístroj na některý z napěťových rozsahů a kalibrujeme měřicím napětím pomocí odporů R_{10} a R_{12} . Máme-li přesné odpory na vstupu, stupnice bude souhlasit na všech rozsazích. Ovládací hřídel potenciometru P je vyveden na čelní desku: slouží k nastavení nuly před měřením. Při přepínání přepínače P má být nula stálá na všech rozsazích. Kdyby ručka měřidla nezůstala na nule, bude třeba změnit R_6 . Na nejnižších rozsazích nastavujeme nulu se zasunutými (příp. zkratovanými) spojovacími vodiči. Přístroj vyžaduje stínění, proto krabice (včetně čelní desky) má být kovová.

Prototyp byl vestaven do kovové krabice velikosti $180 \times 130 \times 120$ mm. Ovládací prvky, měřidlo MP80, $250 \mu\text{A}$, destička s plošnými spoji, držák baterie i vstupní svorky byly upevněny na čelní stěnu z pertinaxu, který byl překryt hliníkovou deskou. Přední hliníkový štít z plechu tloušťky 1 mm byl leptán v lounu, opláchnut a po uschnutí nastříkán bezbarvým lakem, na který byly nápisy „natištěny“ suchými obtisky a znova přestříkán. Měřidlo má dělení na sto dílků, lze použít libovolné s citlivostí od $100 \mu\text{A}$ asi do 1 mA . Vnější vzhled měřicího přístroje je na obr. 70, vnitřní uspořádání na obr. 71 (2. str. obálky).



Obr. 70. Vnější vzhled
přístroje

Seszesilovač pro tranzistorový osciloskop

Ing. Jiří Zaplatílek

Kdo se zabýval stavbou tranzistorového osciloskopu dobře ví, jak je obtížné opatřit si obrazovku s velkou citlivostí. V našich podmírkách přicházejí v úvahu méně citlivé typy, jako je 7QR20 nebo starší německé symetrické obrazovky. Pro tyto obrazovky je vhodný popisovaný zesilovač. Zapojení bylo převzato z literatury [1].

Popis zapojení

Vstupní odpor zesilovače (obr. 72 a obr. 73) je dán použitím tranzistoru MOSFET (KF521) na vstupu diferenciálního zesilovače (tranzistory T_1 a T_2). Řídící elektroda vstupního tranzistoru je napěťově chráněna spínacími diodami. Stejnosměrný posuv zesilovače lze řídit potenciometrem P_1 , střední poloha se nastavuje odporem R_6 při konečném nastavování. Dále následuje obvod k impedančnímu přizpůsobení (tranzistory T_3 a T_4), které je nutné k navázání dalšího zesilovacího stupně. Zároveň slouží k vyrovnání klidových potenciálů diferenciálních stupňů. Následující diferenciální zesilovač (T_5 a T_6) má společný emitorový odpor. Tím je dosaženo symetrie zesilovače. Změnou velikosti emitorového odporu (P_2) se řídí stupeň záporné zpětné vazby a tím i celkové zesílení. Potenciometr P_2 tedy slouží k jemnému řízení zesílení a odporem R_{12} se nastaví celkové zesílení. Další stupeň (T_7 a T_8) je opět emitorový sledovač s obdobnou funkcí jako stupeň s T_3 a T_4 , přizpůsobuje výstupní impedanci předchozího stupně vstupní impedanci koncového stupně s T_9 a T_{10} . Ten je opět zapojen jako diferenciální zesilovač. Toto zapojení umožňuje dosáhnout dostatečného rozkmitu napětí na vychy-

lovacích destičkách, neboť na kolektorech T_9 a T_{10} je napětí o stejné amplitudě, avšak v protifázi. Kondenzátor C_8 a trimr C_9 umožňují kompenzovat zmenšení zesílení na vyšších kmitočtech. Je však možné použít i kompenzaci indukčností v obvodu kolektoru, případně použít smíšenou kompenzaci.

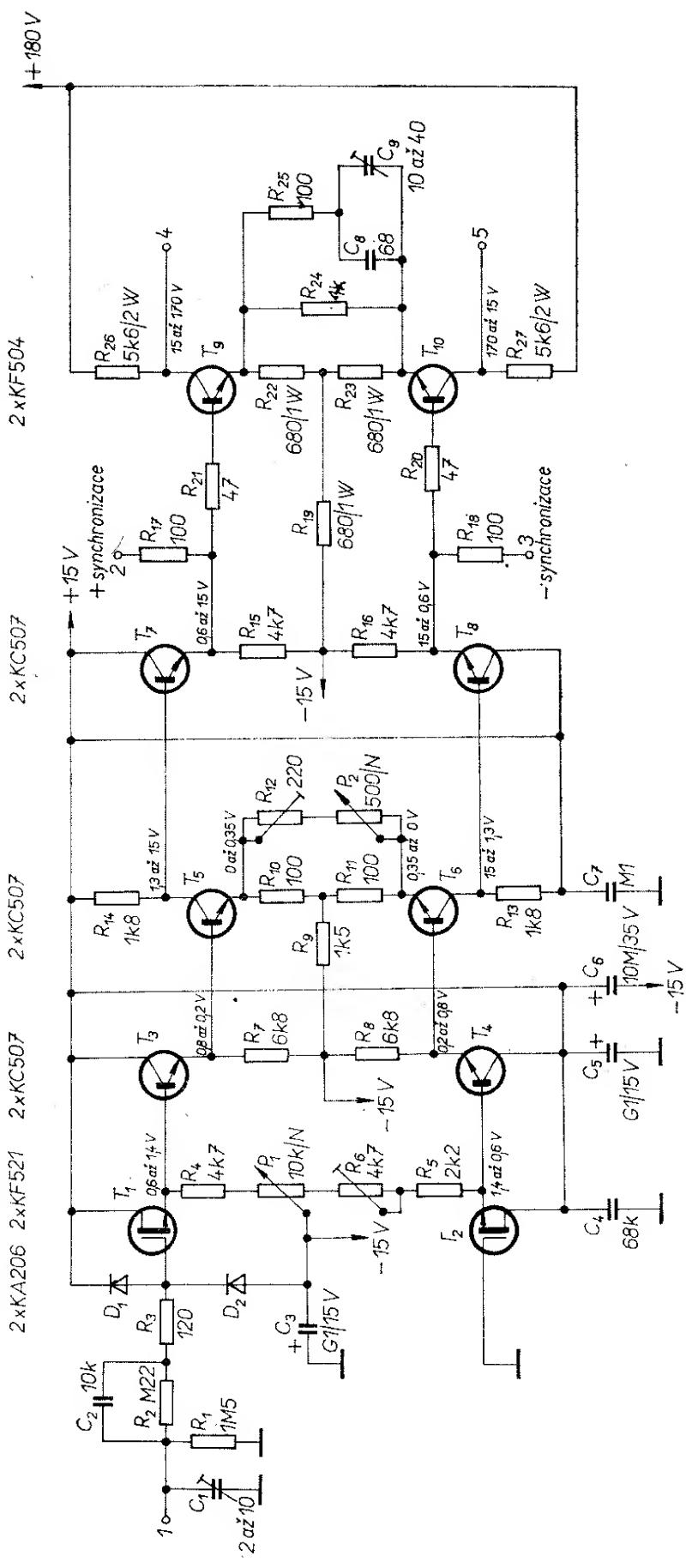
Konstrukce zesilovače a poznámky ke stavbě

Zesilovač je navržen na desce s plošnými spoji (obr. 74). Potenciometry P_1 a P_2 jsou zhotoveny z vyrazeného pouzdra dvojitého potenciometru typu TP 286 50/A výměnou destiček s odpovídými drahami.

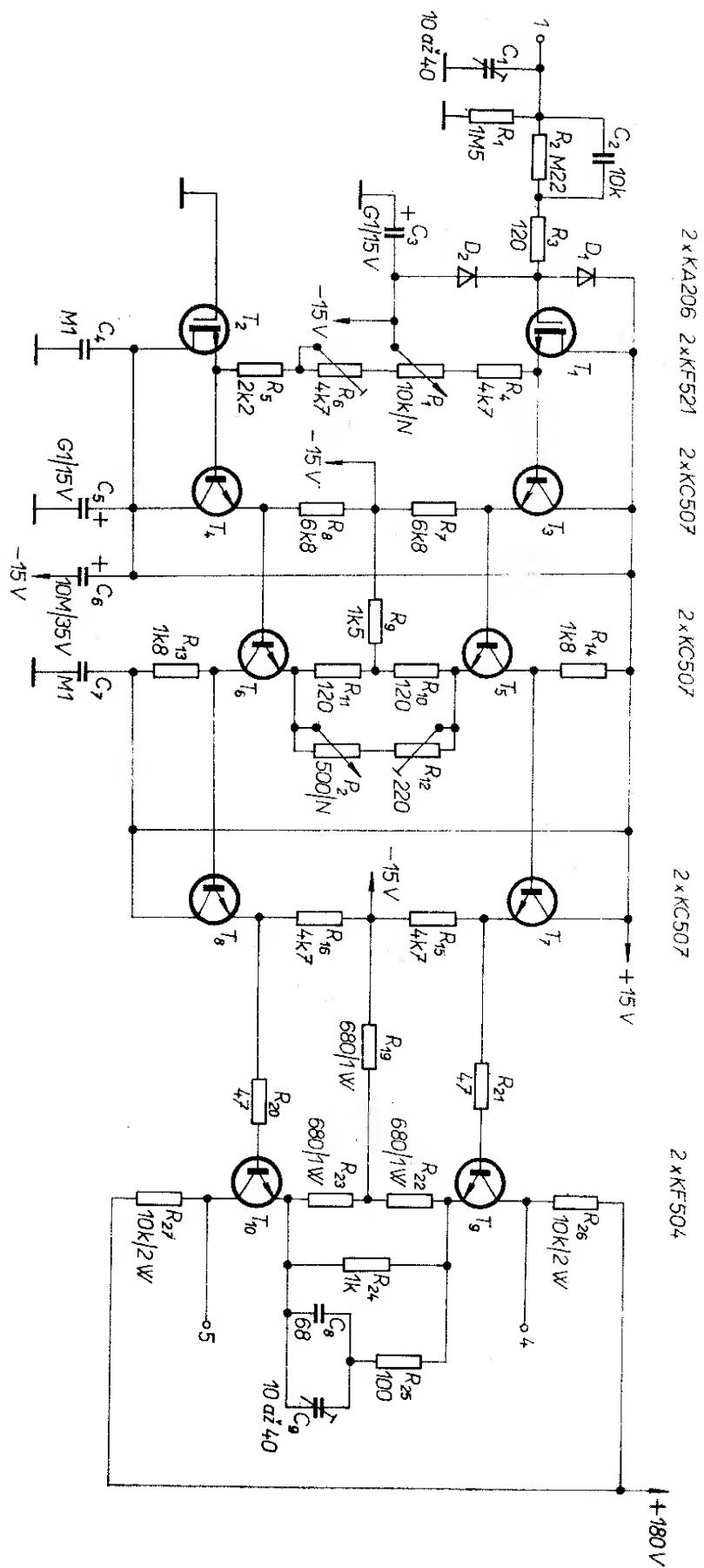
Obdobně je proveden i horizontální zesilovač se změnami podle obr. 73.

V zesilovači jsem se snažil použít výhodně dostupné součástky a tranzistory. Na místě tranzistorů T_1 a T_2 jsou nutné KF521. Byly zkoušeny i KF520, pro jejich malou strmost nebylo dosaženo vyhovující funkce. Tranzistory T_3 až T_7 jsou KC507 nebo KF173, vyhoví i vybrané KC508. Tyto tranzistory musí mít dostatečné závěrné napětí U_{CE} (nejméně 30 V). Stejně tak i tranzistory T_9 a T_{10} je dobré změřit na závěrné napětí. Většina jich však jistě vyhoví. Pro orientaci uvádím naměřená napětí ve schématu pro obě krajní polohy potenciometru P_1 . Napětí jsou naprostě symetrická.

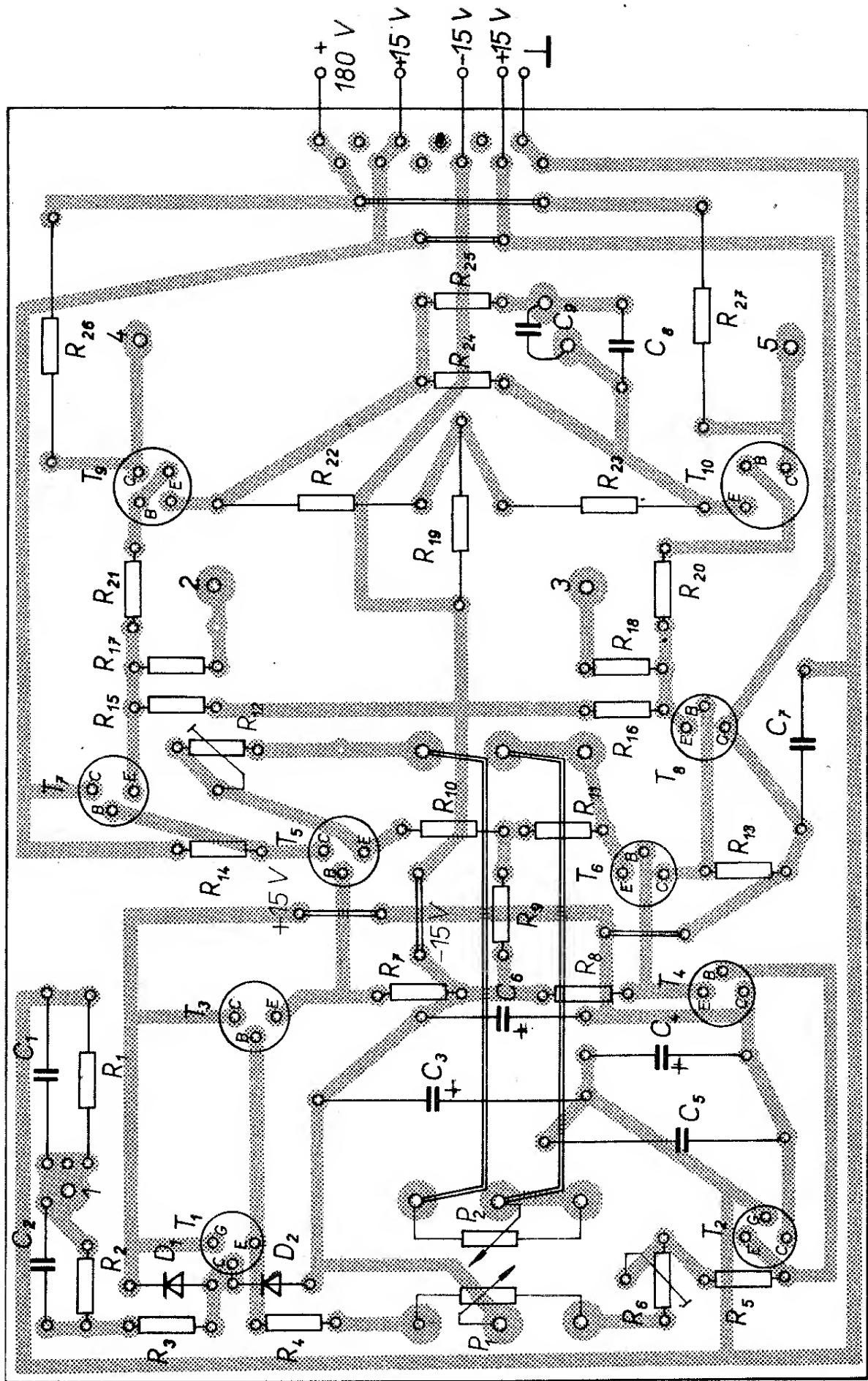
Vstup je co nejkratším souosým kabelem připojen ke vstupnímu kompenzovanému děliči. Podobně je výstup veden nejkratší cestou na vychylovací destičky obrazovky. Napájení je rozvedeno přes konektory WK 462 06.



Obr. 72. Vertikální zesilovač



Obr. 73. Horizontální zesilovač



Obr. 74. Deska s plošnými spoji vertikálního zesilovače (H29) (u T_1 je prohozeno označení C a G)

V původním zapojení [1] jsou na mís-
tech T_1 a T_2 použity tranzistory FET
typu 2N4304. Lze je nahradit dostup-
nějšími tranzistory BF244 nebo BF245.

Závěr

Na obr. 75 je pohled na hotový zesi-
lovač. Při použití dobrých proměřených
součástek pracuje zesilovač na první za-
pojení. Při montáži je třeba věnovat zvý-
šenou pozornost tranzistorům KF521.

Zesilovač se vyznačuje velkým lineá-
rním zesílením v širokém kmitočtovém
pásmu. Měřením kmitočtové charakte-
ristiky bylo zjištěno, že přenese bez pod-
statného zhoršení náběžné hrany obdél-
níkovité impulsy o kmitočtu 100 kHz.
Při pečlivé montáži a dodržování zásad
výrobní techniky je možné dosáhnout vý-
sledků ustanovených v [1], tedy nezkresle-
ného přenosu s šířkou pásma 0 až
10 MHz (-3 dB).

Literatura

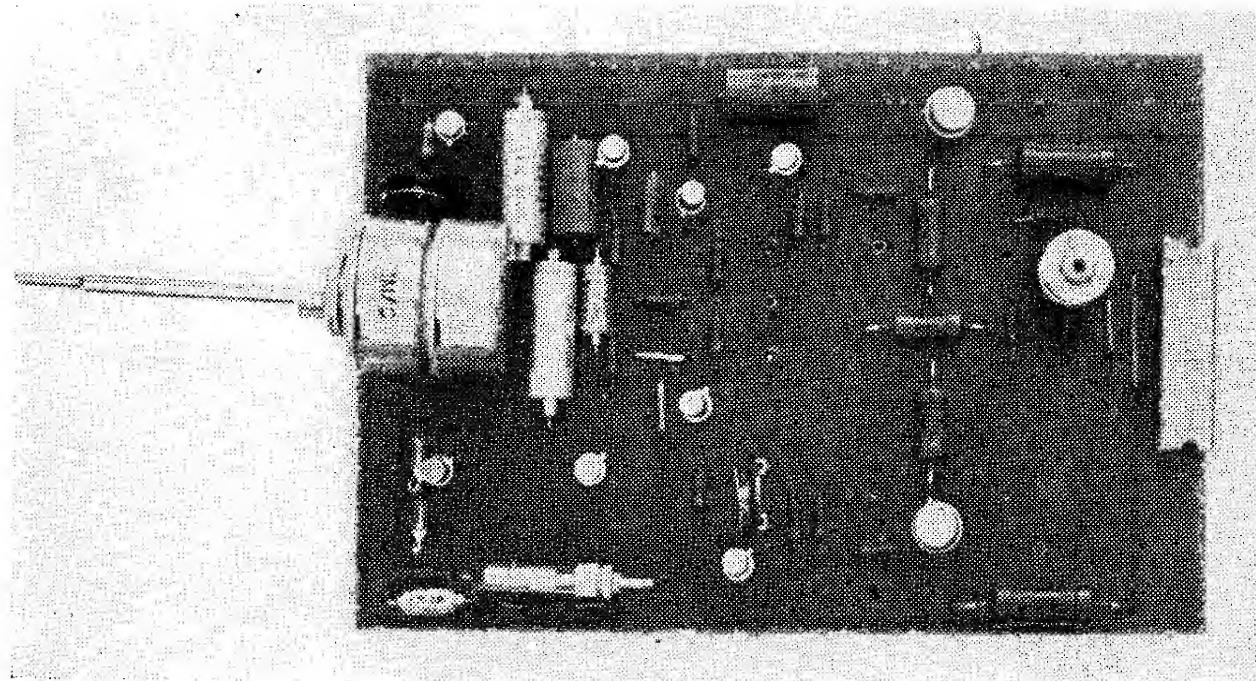
- [1] Funkschau č. 8/1972, str. 271 až
273, Funkschau č. 9/1972, str. 313
až 314.
- [2] Radiový konstruktér č. 2/1973.

* * *

Sérii výkonových vysokofrekvenčních
křemíkových tranzistorů p-n-p 2N6094
až 2N6097, vyrobených planárně epi-
taxní technologií overlay s množstvím
integrovaných emitorů, uvedl na trh
americký výrobce Solid State Scientific
Inc. Každý emitor tranzistoru má vlast-
ní ochranný odpor. Pozoruhodná na té-
to sérii výkonových tranzistorů je jejich
polarita, která se vyskytuje zcela oje-
diněle, avšak v mnoha přístrojích je vel-
mi nutná. Jejich provozní napětí je
13,5 V, výstupní výkon na kmitočtu
175 MHz je u typu 2N6094 větší než
4 W, u 2N6095 větší 15 W, u 2N6096
větší 30 W a 2N6097 větší než 40 W.
Mezní tranzitní kmitočet mají větší
200 MHz. Některé mezní údaje: na-
pětí kolektor-báze 36 V, kolektor-emitor
18 V, emitor-báze 4 V, ztrátový výkon
při teplotě pouzdra 25 °C je podle typu
8, 20, 40 a 60 W. Tranzistory jsou urče-
ny pro extrémně těžké provozní pod-
mínky v mobilních a lodních vysí-
lačích VKV.

Sž

Podle firemních podkladů SSS



Obr. 75. Osazená deska s plošnými spoji

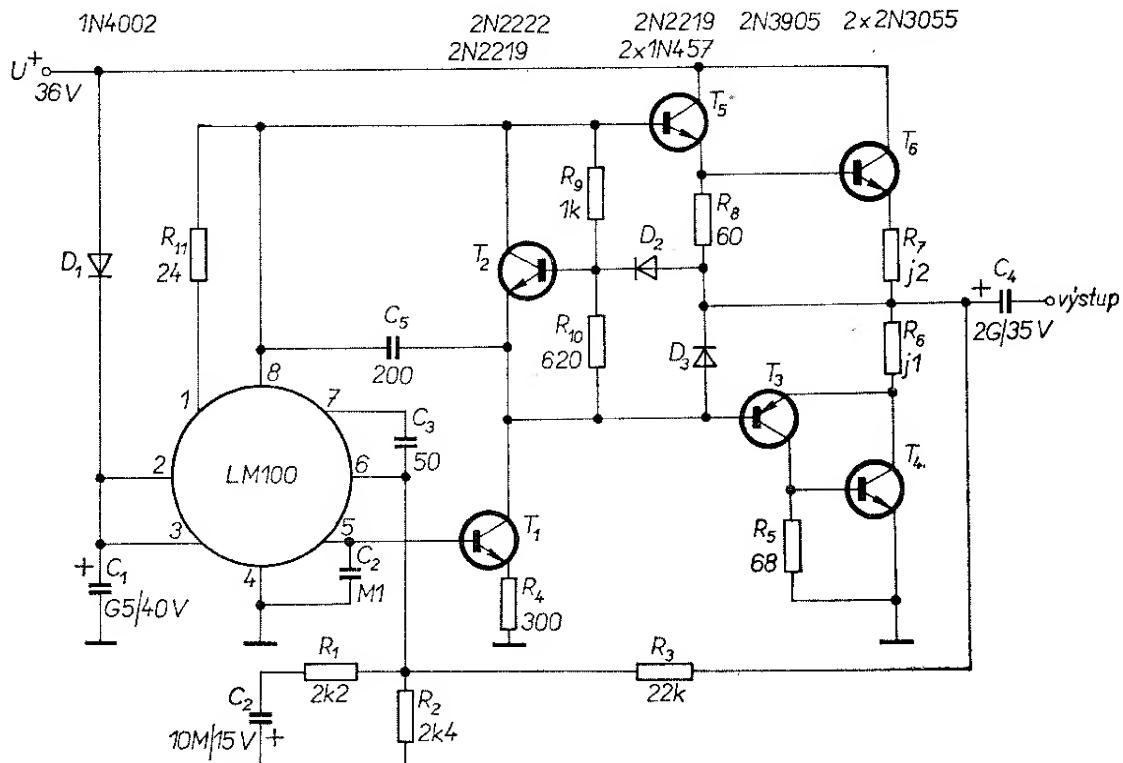
MODERNÍ NAPÁJECÍ ZDROJE

Ing. Jiří Hanzlík

Dokončení z RK 2/74

U fy Philbrick Nexus (známí výrobci velmi jakostních operačních zesilovačů) bylo navrženo použít obvod LM100 ve výkonovém zesilovači. Protože jde o velmi zajímavý princip, který je možno použít i pro zapojení s obvodem μ A723 (MAA723), uvedeme si doporučované zapojení (obr. 106). Část obvodu LM100 je použita jako vstupní zesilovač, který řídí kvazikomplementární výkonový stupeň. Zpětnou vazbou přes celý zesilovač je nastaveno zesílení a zmenšeno zkreslení. Výborných regulačních vlastností obvodu LM100 se zde dobře využívá k potlačení vlivu zvlnění v napájecím napětí a ke zmenšení výstupního odporu výkonového stupně.

Z výstupu obvodu se přímo řídí horní větev koncové části s tranzistory T_5 a T_6 . Tranzistory se otevírají při kladné půlperiodě. Tranzistor T_1 řízený referenčním napětím 1,8 V pracuje jako proudový zdroj a napájí báze tranzistorů T_3 a T_4 ; tranzistory se otevírají při záporné půlperiodě vstupního napětí. Tranzistorem T_2 se nastavuje klidová oblast otevření koncové části zesilovače, pracujícího ve třídě B. Vlastní otevření tranzistoru T_2 a tím i klidový proudový odběr tranzistorů T_4 a T_6 se může podle potřeby upravit vhodnou volbou odporů R_9 a R_{10} . Je nezbytné, aby tranzistor T_2 byl umístěn na stejném chladiči jako tranzistory T_4 a T_6 .



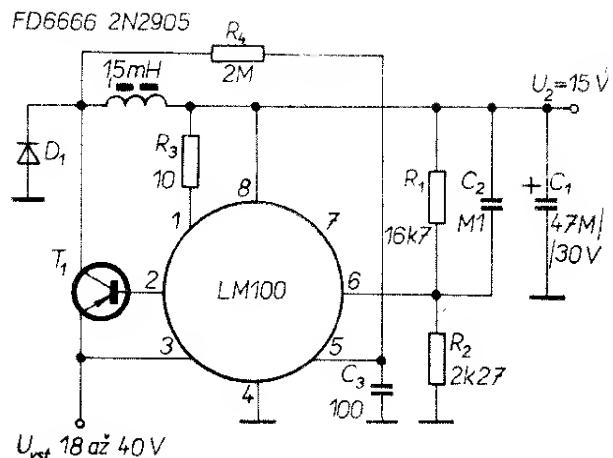
Obr. 106. Zapojení výkonového zesilovače s obvodem LM100

Respektování této zásady dovoluje tepelně kompenzovat klidový odběr proudu výkonových tranzistorů T_4 a T_6 .

Výstupní proud zesilovače je omezen pomocí diod D_2 a D_3 . Při překročení úbytku napětí asi 0,6 V na odporu R_6 se otevře dioda D_3 , čímž se omezí signálové napětí mezi bází a emitorem tranzistoru T_3 . Tranzistor T_6 omezuje při úbytku napětí na odporu asi 1,2 V (dva úbytky napětí křemíkové diody). K omezení výstupního proudu obvodu LM100 slouží odpor R_{11} . K potlačení vlivu zvlnění napájecího napětí je mezi napájecí větví a vstup pro napájecí napětí obvodu LM100 vložen špičkový detektor s diodou D_1 a kondenzátorem C_1 . Celkové zesílení výkonového zesilovače je nastaveno děličem z odporů R_2 a R_3 asi na 20 dB. Dosažitelný výstupní výkon zesilovače je asi 30 W (při zátěži 4 Ω) a omezení výstupního proudu je nastaveno asi na 6 A.

Připomeňme, že s použitím obvodu μ A723 (MAA723) by se dalo uvedené zapojení ještě zdokonalit. Bylo by možno použít samostatné vývody invertujícího a neinvertujícího vstupu. Na neinvertující vstup je možno přivádět část napětí z děliče ve věti záporné zpětné vazby. Vstupní signál se může přivádět do invertujícího vstupu a výstup se odporovým děličem musí nastavit přibližně na polovinu napájecího napětí.

Jako další si uvedeme aplikaci obvodu LM100 a spínacího regulátoru v zapojení podle obr. 107. Na tomto příkladu si vysvětlíme funkci obvodu a zásady návrhu, které platí i pro obdobné zapojení s obvodem μ A723 (MAA723). V principu jde o sériový regulátor s nespojitým řízením. Zpětná vazba do invertujícího vstupu je přes dělič z odporů R_1 a R_2 . Volbou těchto odporů se může nastavit výstupní napětí v rozsahu 2 V až 30 V. Odporem R_3 se řídí budící proud do spínacího tranzistoru T_1 . Přes odporník R_4 (2 M Ω) se přivádí referenční napětí (vnitřní odpor asi 1 k Ω) na katodu rychlé výkonové spínací diody D_1 . Kondenzátor C_2 potlačuje zvlnění výstupního napětí a kondenzátor C_3 šum referenčního napětí. Obvod je možno použít pro výstupní proudy až



Obr. 107. Zapojení spínacího regulátoru kladného napětí s obvodem LM100

0,5 A. Do tohoto proudu je obvod LM100 schopen dodávat dostatečný proud do báze spínacího tranzistoru tak, aby tento tranzistor pracoval dostatečně „hluboko“ v nasyceném stavu. Optimální kmitočet spínání je 20 až 100 kHz. Při nižších kmitočtech je již jádro tlumivky poměrně velké a při vyšších kmitočtech jsou velké výkonové ztráty na tranzistoru T_1 a diodě D_1 .

Zvlnění výstupního napětí signálem spínacího kmitočtu závisí především na volbě odporu R_4 . Při vypnutí tranzistoru protéká indukčností větší proud, než jaký odebírá zátěž, takže dojde k určitému krátkodobému zvětšení výstupního napětí. Důležitou podmínkou při volbě indukčnosti je, že indukčnost musí být dostatečně velká, aby v ní při spínacím cyklu nedocházelo ke zbytečné rychlým změnám proudu. Jinak musí tranzistor T_1 a dioda D_1 přenášet poměrně velké proudové špičky (jež převyšují úroveň zatěžovacího výstupního proudu).

Pro změnu proudu v indukčnosti platí

$$\Delta I = \frac{U_2 t_v}{L_1},$$

kde t_v je doba, potřebná k vypnutí spínacího tranzistoru. Připusťme-li, aby proudový náraz v indukčnosti byl asi $1,2 I_2$, platí pro volbu indukčnosti vztah

$$L_1 = \frac{2,5U_2 t_v}{I_{2 \text{ max}}}.$$

Dobu potřebnou k vypnutí lze určit ze vztahu

$$t_v = \frac{1}{f} \left(1 - \frac{U_2}{U_{\text{vst}}} \right),$$

kde f je kmitočet spínání.

Potřebný filtrační kondenzátor se určí ze vztahu

$$C_1 = \frac{U_{\text{vst}} - U_2}{2L_1 \Delta U_2} \left(\frac{U_2}{fU_{\text{vst}}} \right)^2,$$

kde ΔU_2 je potřebné výstupní napětí (špička-špička). U spínacího regulátoru podle zapojení na obr. 107 National Semiconductor publikovala tyto výsledné parametry: výstupní napětí 15 V, výstupní proud omezen na 0,5 A; při změně vstupního napětí od 18 V do 40 V se pracovní kmitočet měnil asi od 60 do 70 kHz ($I_2 = 300$ mA). V závislosti na výstupním proudu se pro zátěž 50 mA až 0,5 A měnil kmitočet spínání od 60 do 85 kHz ($U_{\text{vst}} = 28$ V). Účinnost se při stejných změnách vstupního napětí a zátěži 300 mA měnila od 93 % do 88 %. Při stálém vstupním napětí 28 V a změně výstupního proudu z 50 mA na 0,5 A se účinnost pohybovala v mezech od 80 % do 90 %. Zvlnění výstupního napětí nepřesáhlo 20 mV.

Monolitické regulátory s pevně nastaveným napětím

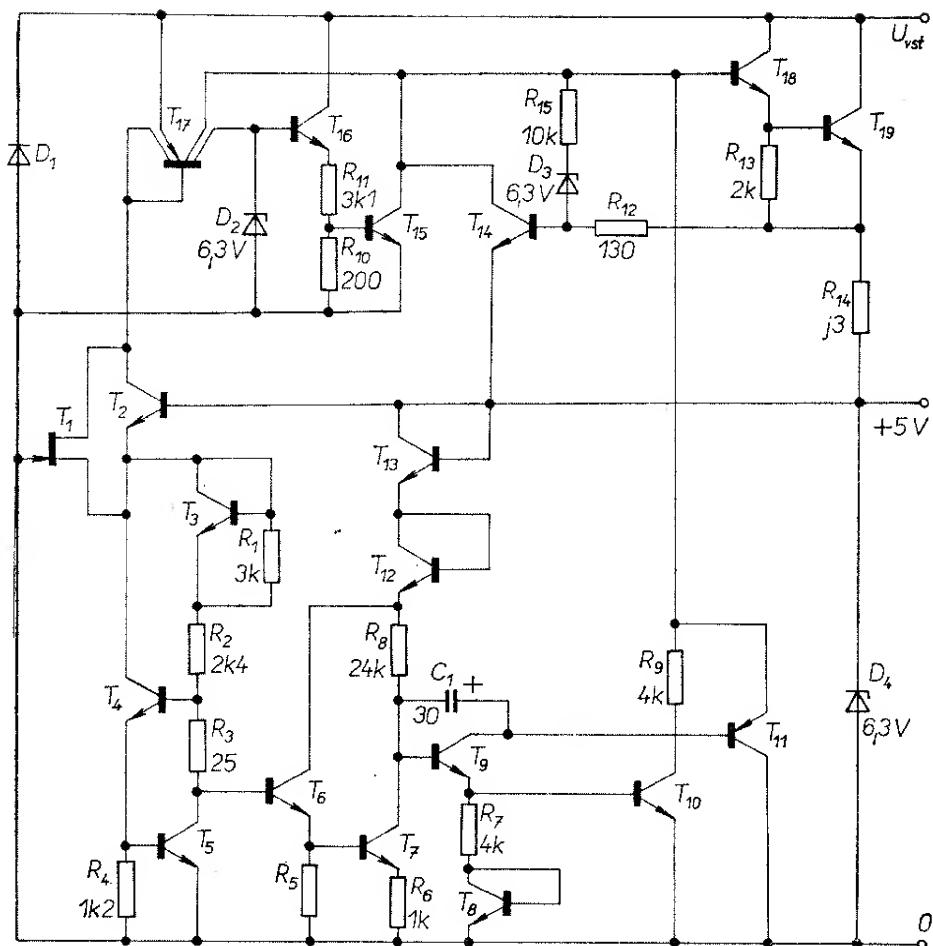
Většina nových typů monolitických regulátorů z posledních dvou let jsou regulátory, které jsou pevně nastaveny při výrobě na určité pevné napětí. Je to způsobeno tím, že na trhu je již poměrně bohatý sortiment různých monolitických regulátorů a výrobci se zaměřují na doplnění sortimentu spíše o typy regulátorů, u nichž je vymezena poměrně úzce oblast jejich aplikačního využití.

Mezi první regulátory s pevně nastaveným výstupním napětím patří typy, které jsou určeny pro napájení číslicových obvodů s vazbou TTL. Tyto regulátory mají pevně nastavené výstupní

napětí na 5 V. Potřeba těchto regulátorů byla vyvolána tím, že u mnoha výrobců se přechází na tzv. „on-card“ regulaci. Při této regulaci je na jedné větší „kartě“ s plošnými spoji a s větším počtem obvodů TTL nebo pro skupinu menších karet vhodné použít samostatný regulátor napájecího napětí. Výhodou tohoto uspořádání je, že se může v systému rozvádět velmi jednoduše nestabilizované nebo hrubě stabilizované napájecí napětí. Tento rozvod se potom dělí do sekcí, které mají své vlastní dílčí regulátory. Odpadají tím velké problémy spojené se vznikem vazeb indukcí mezi napájecími vodiči a přes vnitřní odpory ústředního regulátoru. Samostatné regulátory pro jednotlivé sekce napájení sice znamenají určité zvýšení nákladů na součástky – to je však většinou převáženo úsporami ve zjednodušení rozvodu a časovými úsporami při oživování elektronického zařízení. Tyto problémy nejsou zanedbatelné, neboť spotřeba jedné karty s číslicovými obvody je v některých případech i několik ampérů a rozvod tak velkých proudů při proměnném odběru způsobuje, že při činnosti jedné části zařízení dochází pouze vlivem zvlnění napájecího napětí mnohdy i k ovlivnění jiné části zařízení. Dnes jsou běžným standardem regulátory napětí, umístěné v pouzdru z plastické hmoty nebo v kovovém pouzdru typu TO-3 se třemi vývody.

Regulátory jsou většinou opatřeny vestavěnou teplotní ochranou, která chrání regulátor proti překročení teploty přechodů při případném přetížení. Tato ochrana omezuje dosažitelný výstupní proud podle teploty polovodičového systému. Bezpečnost i efektivnost tohoto způsobu teplotní ochrany je podstatně lepší než konvenční způsob proudové ochrany vně připojovaným nebo vestaveným tranzistorem. Tím, že se omezení výstupního proudu odvozuje od teploty polovodičového systému, tzn. od výkonové ztráty regulátoru, dovoluje samičinně přizpůsobit zatížitelnost regulátoru podle teploty okolí způsobu chlazení regulátoru. U regulátoru na napětí 5 V se pracuje při relativně menším napájecím napětí a s většími proudy, což

Obr. 108. Zapojení monolitického regulačního ustrojstva LM109



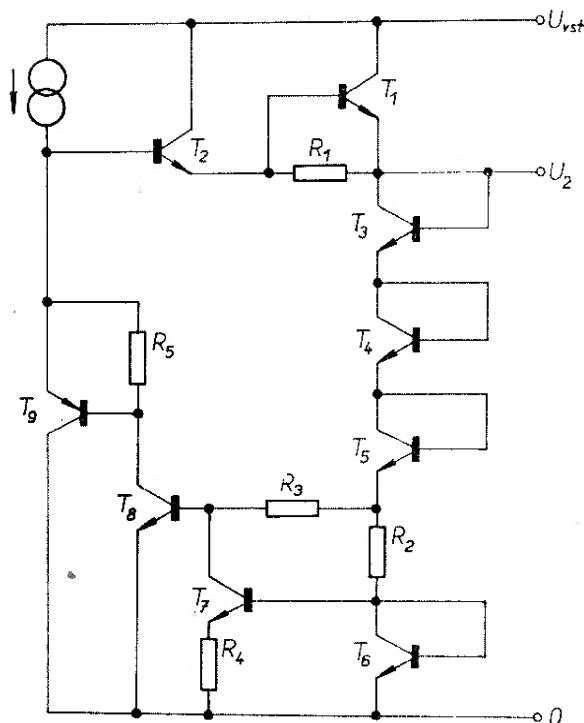
dovoluje pracovat při relativně větší teplotě přechodů p-n (u přechodů p-n se vystačí s menším závěrným napětím).

Typickým představitelem regulátorů pro napětí 5 V je obvod LM109 fy National Semiconductor se zapojením podle obr. 108. Zjednodušené zapojení části obvodu referenčního napětí je na obr. 109.

Aplikace regulátoru LM109 je velmi jednoduchá, neboť se zapojuje podle obr. 110.

Přehled hlavních parametrů regulátoru LM109 je v tab. 13. Regulátor se dodává v pouzdru TO-5 (pro výstupní proud 0,2 A a výkonovou ztrátu 2 W) nebo v pouzdru TO-3 (pro výstupní proud 1 A a výkonovou ztrátu 20 W). Obvod LM109 představuje špičkové řešení monolitického regulátoru, u něhož nelze najít žádnou výraznou slabinu. Proto bylo toto zapojení převzato i jinými výrobci.

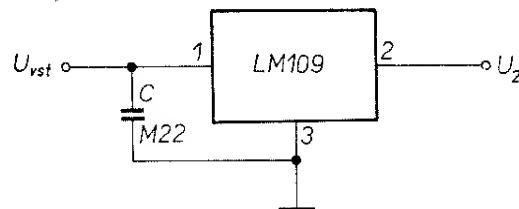
Firma Fairchild toto zapojení upravila v části zdroje referenčního napětí



Obr. 109. Zjednodušené zapojení části regulačního potrubí LM109

Tab. 13. Přehled hlavních parametrů regulátoru LM109

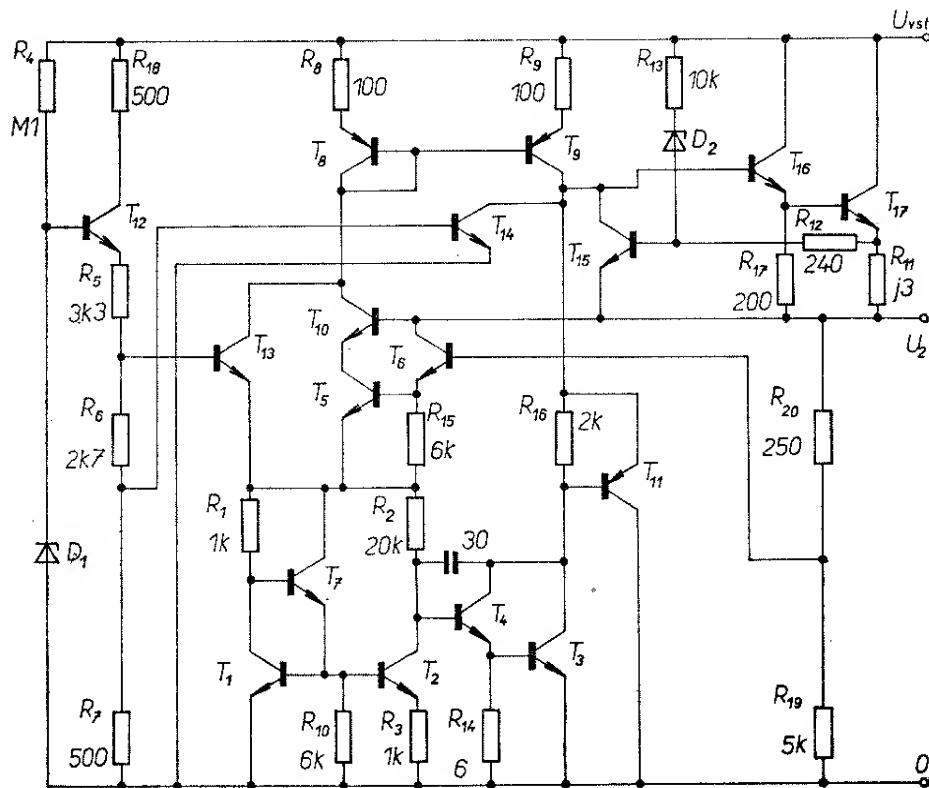
Parametr	Typický údaj	Podmínky
Výstupní napětí	5 V	
Výstupní proud	1,5 A	
Výstupní odpor	0,03 Ω	
Regulace napájení	0,005 %/V	7 V ≤ U_{vst} ≤ 35 V
Teplotní drift	0,02 %/°C	-55 °C ≤ T_a ≤ +125 °C
Maximální vstupní napětí	6,5 V	$I_2 = 1$ A
Výstupní šumové napětí	40 μV	10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz
Teplotní odpor [přechod-pouzdro]	15 °C/W 3 °C/W	TO-5 TO-3



Obr. 110. Základní zapojení regulátoru LM109 k regulaci napětí 5 V, 1 A

a částečně i v části se zesilovačem napěťové odchylky (ostatní části obvodu byly převzaty) a vyrábí regulátory pevného napětí v poměrně širokém sortimentu. Jsou to typy

μA7805 pro napětí 5 V,
μA7806 pro napětí 6 V,
μA7808 pro napětí 8 V,

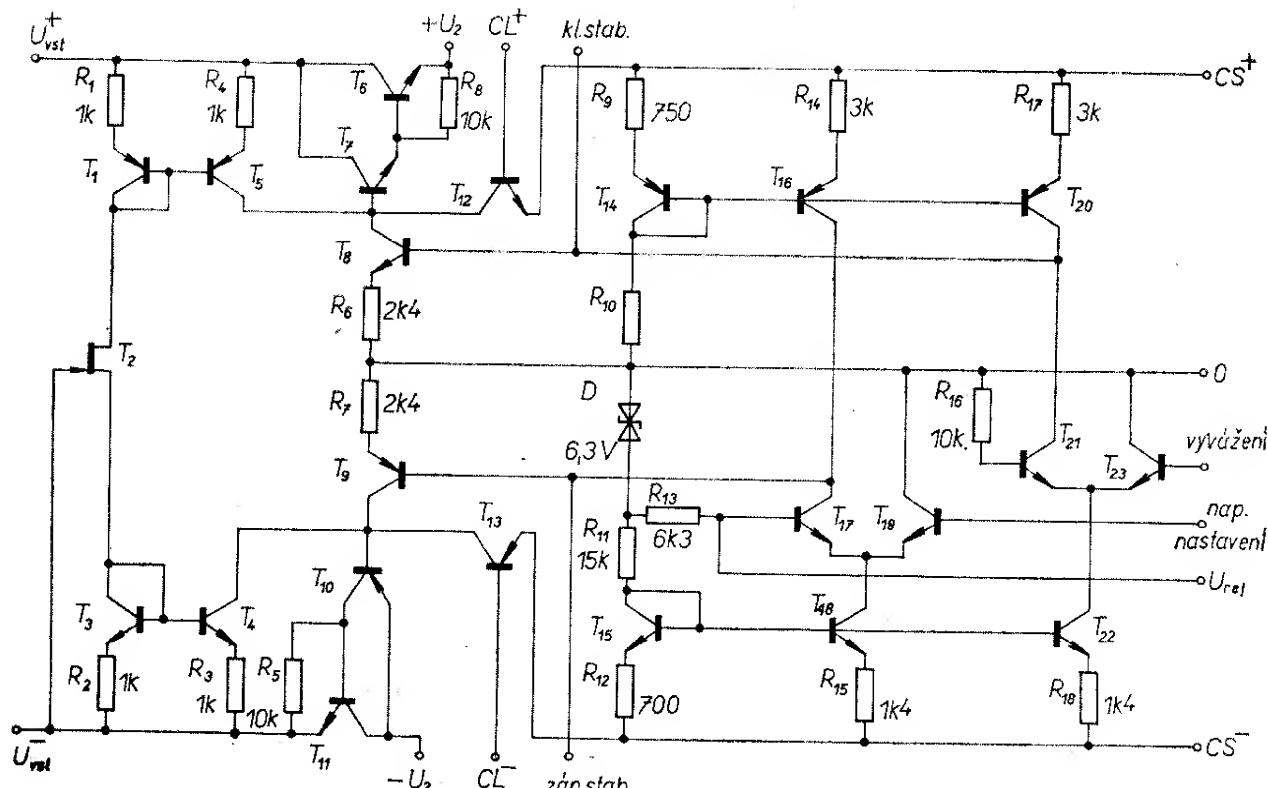


Obr. 111. Zapojení regulátorů řady μA7800

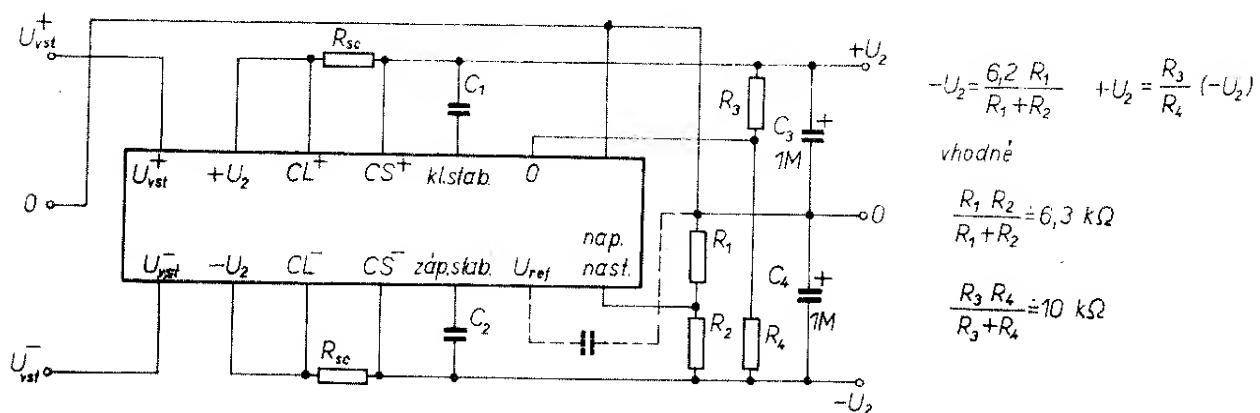
- μA7812 pro napětí 12 V,
- μA7815 pro napětí 15 V,
- μA7818 pro napětí 18 V,
- μA7824 pro napětí 24 V.

U všech typů regulátorů se používá stejné zapojení (obr. 111). Podle výstupního napětí se mění pouze odpory R_{19} a R_{20} v děliči výstupních napětí. Regulátory se vyrábějí v pouzdrou typu TO-220 z plastické hmoty a v kovovém

pouzdro typu TO-3 se třemi vývody. Výstupní proud může být větší než 1 A. Výkonová ztráta u pouzdra typu TO-220 je 2 W a u pouzdra typu TO-3 je asi 20 W. Výstupní napětí může být až 35 V. U typu μA7824 může být vstupní napětí až 40 V. Povolené výrobní tolerance výstupního napětí jsou u všech typů asi $\pm 4\%$, což je přípustné pro převážnou většinu aplikací regulátorů.



Obr. 112. Zapojení monolitického regulátoru SG1501



Obr. 113. Zapojení regulátoru souměrného napětí s vlečnou regulací s obvodem SG1501

Monolitické regulátory souměrného napětí

Typickým představitelem této skupiny monolitických regulátorů je obvod typu SG1501 fy Silicon General. Regulátor podle zapojení na obr. 112 obsahuje dva sériové regulátory kladného a záporného napětí, v nichž jsou všechny hlavní části. Napětí ve větvích se mohou nastavit nezávisle v rozsahu 10 až 28 V. Výstupní proud může být až 100 mA. Regulace napájení i zátěže je lepší než 0,1 % a vlastní prourová spotřeba je pouze 3 mA. Je-li obvod v keramickém pouzdru DIL, má obvod výkonovou ztrátu 1 W a rozsah pracovní teploty je -55°C až $+125^{\circ}\text{C}$.

Vstupní napětí mohou být v rozsahu 10 až 28 V.

Základní zapojení regulátoru souměrného napětí je na obr. 113. Podle odporů R_1 , R_2 , R_3 a R_4 platí pro určení výstupních napětí vztahy

$$-U_2 = 6,2 \text{ V} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\text{a } +U_2 = \frac{R_3}{R_4} \cdot (-U_2).$$

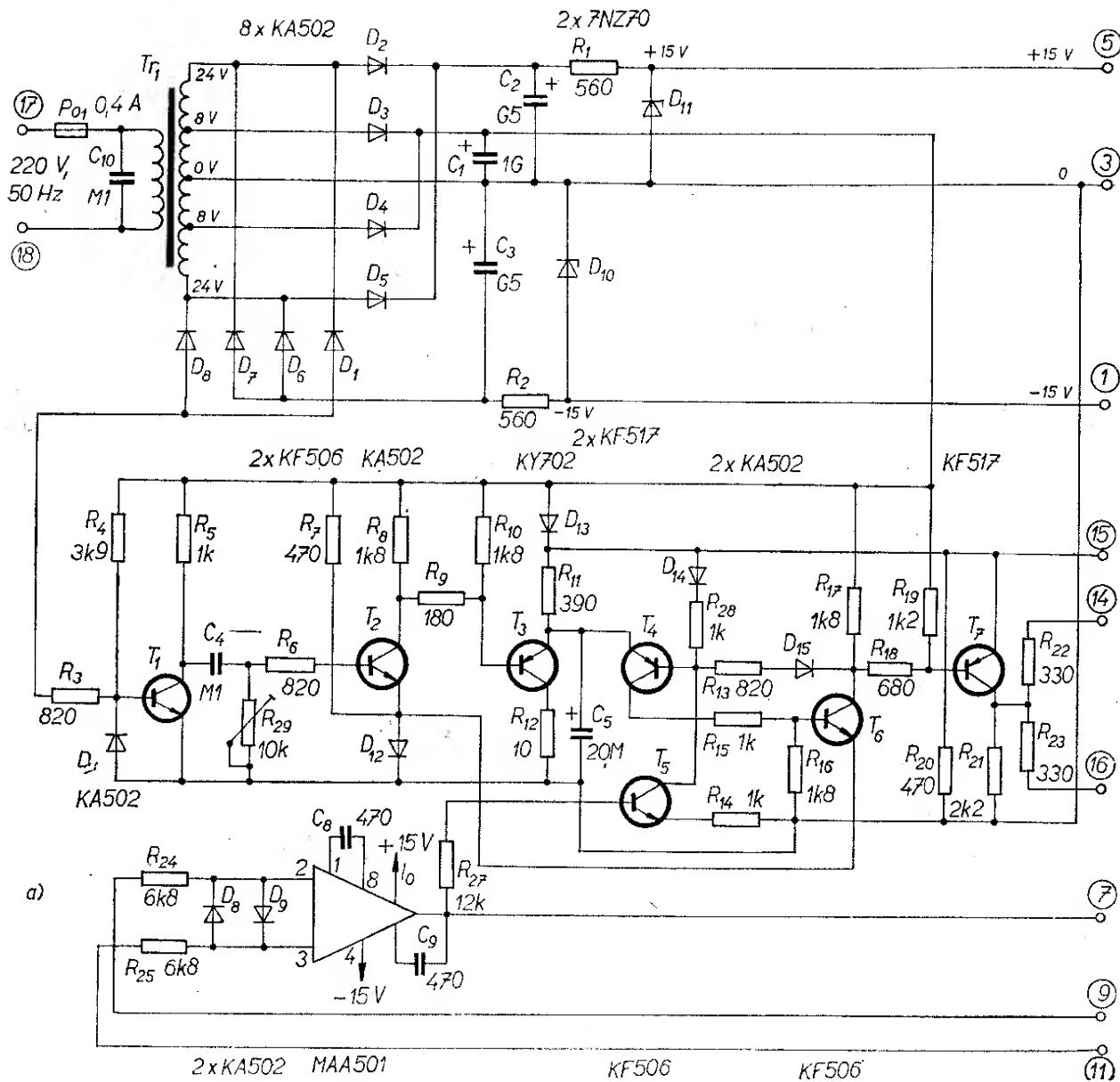
Regulátor pracuje s vlečnou regulací záporné větve podle kladné větve. Odpor R_{se} se volí tak, aby při omezovacím proudu vznikl úbytek napětí 0,6 V. Proudovou i výkonovou zatížitelnost regulátoru je možno zvětšit přidáním výkonových tranzistorů.

Sdružený řídicí komplet pro tyristorové regulační obvody

Na obr. 1a je schéma kompletního dílu, který lze univerzálně použít v automatizačních obvodech k řízení tyristorů. Celý díl včetně síťového transformátoru Tr_1 (EI 25×25 mm) se vejde na jednu základní cuprexitovou desku s plošnými spoji o rozměrech 160×135 mm. Obvod je určen k řízení spínacího úhlu tyristorů v rozmezí 5 až 85°. Má dva regulační vstupy – invertující a neinvertující. K vnitřnímu zesilovači je nutno připojit vnější zpětné vazby.

Vstupní napětí 220 V, 50 Hz musí být ve stejné fázi jako napětí či proud, které chceme řídit. Napětí 2×24 V se dvoucestně usměrňuje, filtruje a slouží k napájení stabilizačních diod 7NZ70 (D_{10} a D_{11}). Na jejich výstupu dostáváme stabilizované napětí ± 15 V k napájení integrovaného zesilovače. Napájecí napětí pro regulační obvod, tranzistory T_1 až T_7 , je nestabilizované. Filtrace kondenzátorem C_1 je nedostatečná a většinou je nutno použít ještě další filtrační kondenzátor, který se přidává vně jednotky; je možno použít kondenzátor až do kapacity 10 GF. Na bázi T_1 je dvoucestně usměrňené napětí, z něhož se vytvoří impulsy. Dioda D je ochranná,

chrání přechod báze-emitor tranzistoru T_1 před zápornými špičkami napětí, R_3 omezuje proud do báze. Na kolektoru T_2 se pak vytvoří impulsy o šířce menší než 1 ms a o napětí $+10$ V. Kondenzátor C_5 se nabíjí přes odpor R_{11} . Vždy po příchodu impulsu na bázi T_3 se tento tranzistor otevře a kondenzátor se zkratuje, takže na C_5 vznikají impulsy pilovitého tvaru o šířce 10 ms. Přijde-li z výstupu integrovaného zesilovače na bázi T_5 kladné napětí, T_5 se začíná otevřít. Napětím z jeho kolektoru se otevří i tranzistor T_4 , který plní úlohu porovnávacího členu – srovnává úroveň pilovitých impulsů na C_5 v emitoru se stejnosměrným napětím v bázi. Na jeho kolektorových odporech R_{15} a R_{16} je impuls, jehož přední hrana se posouvá úměrně podle stejnosměrného napětí na bázi, tedy i úměrně změnám kladného napětí na výstupu integrovaného zesilovače. Výstupní impuls z T_4 se upravuje tranzistorem T_6 . V emitoru tohoto tranzistoru je dioda D_{12} , která plní funkci jakési „reference“. Je to křemíková dioda, zapojená v propustném směru, a je na ní konstantní úbytek napětí asi 0,7 V; T_7 je výkonový tranzistor. Odpo-

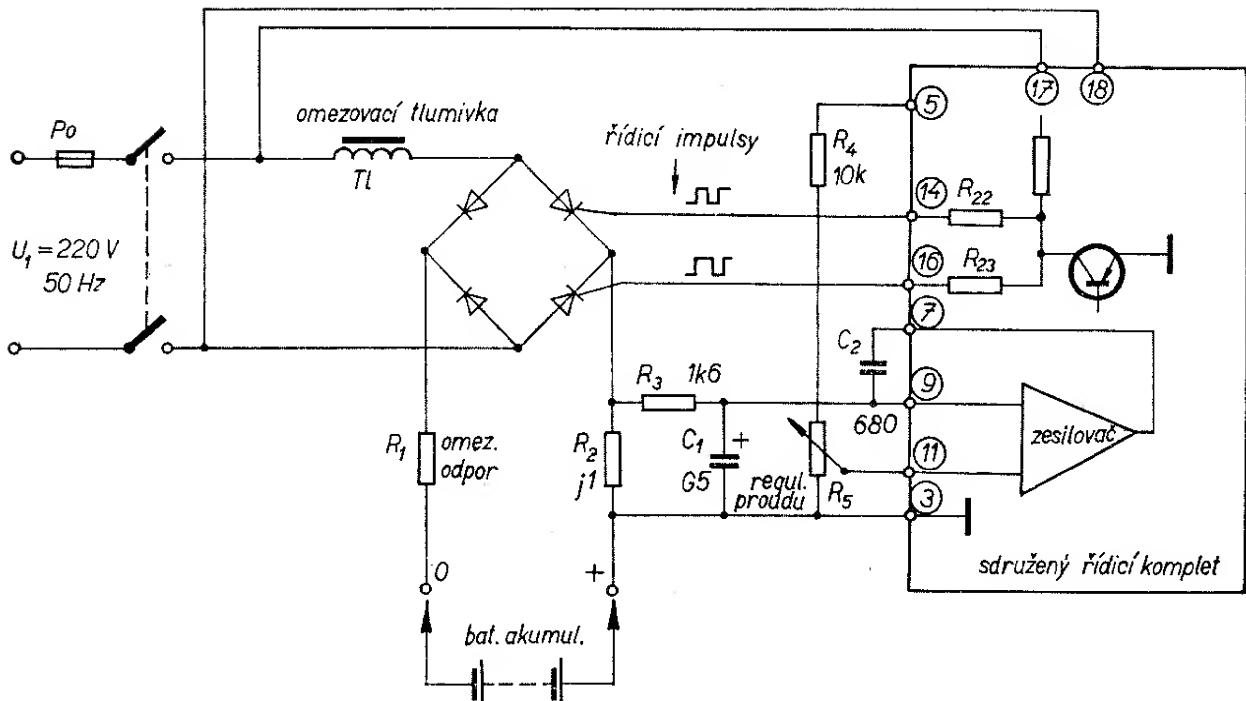


ry R_{22} a R_{23} omezují proud do řídicích elektrod tyristorů. Vyžadují-li spouštěné tyristory větší proud, je možno odpory zmenšit a tranzistor T_7 zatížit až dovolenou kolektorovou ztrátou. Tranzistor T_7 lze nahradit i jiným typem – byl vyzkoušen výkonový tranzistor OC26, není třeba žádných úprav v zapojení.

Na výstupech 14 a 16 jsou (proti bodu 3) kladné impulsy o napětí +10 V, šířky 10 ms a s posouvatelnou přední hranou v závislosti na výstupním napětí zesilovače a proudu, určeném odpory R_{22} a R_{23} . Je-li nutno oddělit galvanicky spouštěcí diody, je možno připojit ještě na výstupy oddělovací impulsní trans-

formátor. Operační zesilovač MAA501 má vyvedeny oba vstupy. Na jeden z nich lze přímo přivést referenční srovnávací napětí a na druhý chybový signál. Bývá vhodné zavést i zpětné vazby.

Popisovanou jednotku můžeme použít jako základní prvek při konstrukci stabilizátorů proudu i napětí, či různých regulátorů, rychlosti, topení atd. Jeden příklad za všechny: na obr. 1b je zdroj konstantního stejnosměrného proudu, který lze nastavit s přesností asi 3 až 5 % od 1 do 15 A s napěťovým omezením 200 V. Podobný zdroj lze použít např. k nabíjení velké baterie akumulátorových článků. Řídicí jednotka je napáje-



Obr. 1. Schéma sdruženého řídicího kompletu (vlevo) a příklad použití sdruženého řídicího kompletu jako stabilizovaného zdroje proudu od 0 do 15 A (vpravo)

na střídavém napětí z jednoho společného místa (220 V, 50 Hz). Omezovací tlumivka a omezovací odpor by měly omezit zkratový proud asi na 20 A. Z odporu R_2 snímáme chybové napětí, které se usměrňuje kondenzátorem C_1 . Na tomto členu vzniká chyba, protože napětí na vstupu zesilovače 9 není bo-

hužel přesně úměrné efektivní hodnotě proudu, tekoucímu odporem R_2 . Druhý vstup zesilovače 11 je připojen ke srovávacímu referenčnímu napětí (napětí Zenerovy diody a výstupu 5 přes předřadný odpor R_4 a potenciometr R_5). Změnou R_5 , tedy změnou úrevně srovávacího napětí měníme výstupní proud.

—Art—

Diody typu „baritt“ jsou nejnovějším příspěvkem v oblasti aktivních mikrovlnných diod, kde otevírají nové oblasti použití ve zdrojích mikrovlnných kmitočtů. Mají dlouhou oblast driftu, podobnou diodám typu impatt. Nosiče, pohybující se napříč driftovou oblastí, vznikají vlivem vstřikování minoritních nosičů z přechodů polarizovaných v prospurném směru.

S2

Podle IEEE Spectrum 4/1972

„DC transfer standard“ je nový normální stejnosměrného napětí firmy Norma se stupňovitou regulací, který je konstruován na principu teplotně kom-

penzované Zenerovy diody v termostatu a připojeného děliče napětí. Napětí normálu lze nařídit ve stupních po $1 \mu\text{V}$ v mezích $0,999 \text{ V}$ až $1,001 \text{ V}$, $1,017 \text{ V}$ až $1,020 \text{ V}$ s přesností lepší než $10 \cdot 10^{-6}$ (přenosová přesnost je lepší než $5 \cdot 10^{-6}$), jakož i v rozsahu 1 až $1\,000 \mu\text{V}$ (s přesností $\pm 2 \mu\text{V}$). Stabilita normálu je lepší než $\pm 10 \cdot 10^{-6}/\text{měsíc}$. Doba nažhavení je 30 minut. Normál se napájí ze síťového napětí 100 až 250 V , 45 až 65 Hz. Slouží k přenosu přesného normálového napětí k nejrůznějším elektronickým přístrojům, k jejich kontrole, seřízení nebo ke srovnání jiných napěťových normálů.

Podle podkladů Norma

S2

Tranzistorový stabilizátor 250V

J. Wiesner

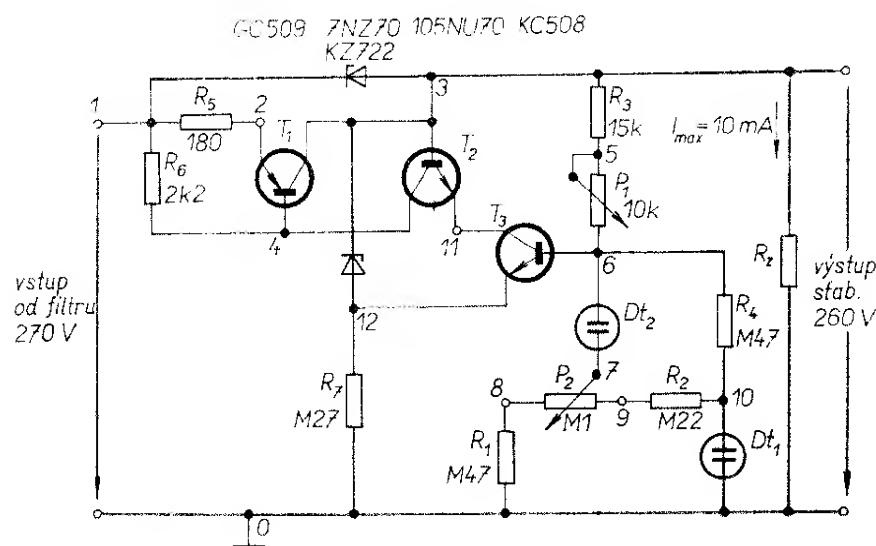
Při konstrukci mnohých elektronkových zařízení potřebujeme často stabilizovat napětí. Pro ekonomický provoz přístrojů s vlastním odběrem proudu několik mA požadujeme malou spotřebu vlastního stabilizátoru. Dále popsaná konstrukce je nejen velmi jednoduchá, ale má i nepatrnou vlastní spotřebu. Stabilizované napětí je vhodné pro elektronkové přístroje (asi 260 V).

Popis činnosti

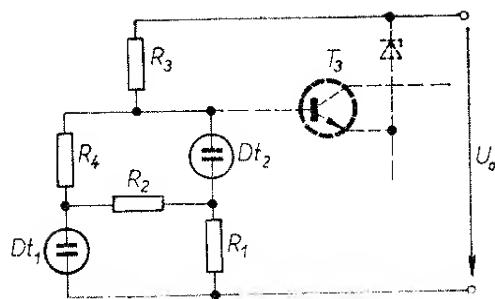
Stabilizátor je na obr. 1. Emitor tranzistoru KC508 „sleduje“ změny napětí na výstupu. Báze tranzistoru KC508 je připojena k obvodu s doutnavkou. Při zvětšení napětí na výstupu stabilizátoru se tedy U_{BE} tranzistoru KC508 zmenšuje a tranzistor se uzavírá. Tím se uzavírá i tranzistor 105NU70 a napětí na bázi tranzistoru CG509 se zvětšuje. Uzavírá se tedy i tranzistor GC509, čímž je dán stabilizační účinek obvodu. Odpor 180 Ω na vstupu byl zvolen pro předpokládaný odběr proudu na výstupu 4,5 mA tak, aby spád napětí na něm byl asi 1 V. Tomu odpovídá proud I_C tranzistoru 105NU70 (při zanedbání proudu báze GC509) asi

0,5 mA – tím je určen i odpor $2,2 \text{ k}\Omega$. Při větším odběru proudu na výstupu se zvětšuje i proud báze tranzistoru GC509 a odpor $2,2 \text{ k}\Omega$ je nutno zvětšit tak, aby I_E tranzistoru KC508 byl asi 0,6 mA. Odpor 180Ω je nutno zvětšit tak, aby spád napětí na něm byl asi 1 V. Odpor $0,27 \text{ M}\Omega$ je volen tak, aby při proudu $I_E = 0,6 \text{ mA}$ tranzistoru KC508 byl proud procházející stabilizační diodou KZ722 asi $0,35 \text{ mA}$. Tranzistor 105NU70 zmenšuje U_{CE} tranzistoru KC508, který pracuje v zapojení se společným emitorem jako zesilovač proudu a zaručuje neměnný pracovní bod pro 105NU70.

Aby si každý mohl přizpůsobit stabilizátor pro svoje potřeby, uvádím ještě



Obr. 1. Schéma stabilizátoru



Obr. 2. K výpočtu obvodu s doutnawkami

rozbor obvodu s doutnawkou. Prvořadým požadavkem je, aby obě doutnavky bezpečně zapálily. Byly použity miniaturní doutnawky pro schodišťovou signalizaci osvětlení, které jsou montovány v bakelitovém pouzdru a které i s pouzdem mají půdorysný rozměr asi 18×28 mm. Nejprve je nutné odstranit nebo zkratovat vestavěný předřadný odpor. Do mosazných příchytek vyvrtáme dvě díry se závitem M2 o rozteči asi 16 mm, pouzdra přišroubujeme dvěma šrouby na desku s plošnými spoji. Stabilizované na pětě těchto doutnavek je asi 135 ± 2 V a optimální proud podle mých zkušeností je 150 až 250 μ A. Zapalovací napětí je s určitou rezervou 165 V. Z obr. 2 pak vyplývají tyto podmínky pro správné zapálení doutnavek:

pro zapálení D_1

$$(U_0 - U) \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + R_4} = U_z;$$

pro zapálení D_2

$$U_D \frac{R_1}{R_1 + R_2} + U_z = U_0 - U,$$

kde U_0 je napájecí napětí,

U_z zapalovací napětí doutnawky,

U_D stabilizované napětí doutnawky a

U Zenerovo napětí diody KZ722.

Po úpravě uvedených vztahů lze určit spojitou úměru

$$\begin{aligned} R_1 : R_2 : R_4 &= U_z (U_0 - U_z - U) : \\ &: U_z (U_z + U_D + U - U_0) : \\ &: U_D (U_0 - U_z - U); \end{aligned}$$

pro proud I_0 , procházející odporem R_3 po zapálení obou doutnavek platí:

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{U_0 - U_D - U}{R_4} + \\ &+ \frac{U_0 - U_D - U}{R_1} \frac{2U_D + U - U_0}{R_2}. \end{aligned}$$

Vztah lze upravit na

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{1}{R_1} \left[\frac{U_z + U_D}{U_D} (U_0 - U_D - U) - \right. \\ &+ \left. \frac{U_0 - U_z - U}{U_z + U_D + U - U_0} (2U_D + \right. \right. \\ &+ \left. \left. U - U_0 \right) \right]. \end{aligned}$$

V našem případě bylo:

$$U_0 = 260 \text{ V}, U_z = 160 \text{ V}, U_D = 135 \text{ V}, U = 8 \text{ V}, I_0 = 0,4 \text{ mA}.$$

Z poslední rovnice tedy vychází:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{1}{0,4} \left(\frac{295}{135} \cdot 117 - \frac{92}{43} \cdot 18 \right) = \\ &= 0,54 \text{ M}\Omega, \end{aligned}$$

dále z první úměry

$$R_2 = 0,54 \frac{43}{92} = 0,25 \text{ M}\Omega,$$

$$R_4 = 0,54 \frac{135}{160} = 0,45 \text{ M}\Omega \text{ a}$$

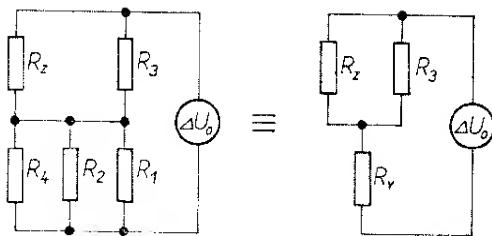
$$R_3 = \frac{U}{10} = \frac{8}{0,4} = 20 \text{ k}\Omega.$$

Tyto odpory zaokrouhlíme do řady E 20. Po určení potřebných odporů vypočteme ještě dynamické vlastnosti vyšetřovaného obvodu. Po myšleném zkraťování vnitřních zdrojů, tj. doutnavek, obdržíme náhradní schéma (obr. 3), kde R_v značí výslednou paralelní kombinaci odporů R_1, R_2 a R_4, R_z , zatěžovací odpor. Nejvýhodnější případ ovšem nastane tehdy, když $R_v = 0$. Protože R_1 a R_4 se 0 rovnat nemohou, musí být rovný nule odpor R_2 .

Z prvního vztahu vyplývá, že tento případ nastane pro

$$U_0 = U_z + U_D + U,$$

jak je přímo patrné z obr. 2. Zatěžovací odpor v uvažovaném obvodu se zhruba



Obr. 3. Náhradní schéma

rovná h_{11e} tranzistoru KC508, a proto platí

$R_z \ll R_3$ a $R_z \ll R_v$ a lze tedy klást $R_z = 0$. Tzn., že přírůstek napětí ΔU_0 působí přírůstek proudu báze $\Delta I_B = \frac{\Delta U_0}{R_v}$.

Pro vypočtené odpory je

$R_v = 0,135 \text{ M}\Omega$, tj. při $\Delta U_0 = 1 \text{ V}$ je $\Delta I_B = 7,4 \mu\text{A}$.

Při $h_{21e} = 100$ je tedy $\Delta I_C = 0,74 \text{ mA}$; $\Delta I_C = 0,74 \text{ mA}$ na odporu $2,2 \text{ k}\Omega$ působí změnu napětí asi $1,6 \text{ V}$ na bázi tranzistoru GC509. Z toho je patrná dobrá stabilizační účinnost celého obvodu. K vyrovnání rozptylů součástek a k jemnému nastavení jsou do obvodu zařazeny ještě dva trimry. Jako nutná ochrana tranzistoru GC509 (zejména při nastavování, nebo náhodném přetížení na výstupu) je ještě mezi vstup a výstup zapojena dioda 7NZ70 (dioda za běžného provozu nevede).

Uvedení do provozu

Paralelně k diodě 7NZ70 zapojíme voltmetr, nastavený na rozsah 30 V . Po zapnutí zdroje a připojení zatěžovacího odporu na výstup se přesvědčíme, zda obě doutnavky správně zapálily. Jestliže druhá doutnávka nezapálí, je běžec trimru mezi R_1 a R_2 „vytočen na příliš velké napětí“, tj. směrem k první doutnavce. Po zapálení obou doutnavek nastavíme regulačním odporem rozdíl napětí asi na 8 V . Správná činnost stabilizátoru se projevuje kýváním ručky měřidla, což je viditelným znamením vyrovnávání změn napětí v síti.

Celou konstrukci lze velmi pohodlně umístit i s bakelitovými pouzdry doutnavek na desce s plošnými spoji.

Rozpis součástek

- 1 tranzistor KC508 (14),
- 2 odpory $0,47 \text{ M}\Omega$, TR143 (TR144),
- 1* tranzistor 105NU70 (3),
- 1 odporník $0,27 \text{ M}\Omega$, TR143 (TR144),
- 1* tranzistor GC509 (6),
- 1 odporník $15 \text{ k}\Omega$, TR112 a,
- 1 dioda KZ722 (12,50)
- 1 odporník $12 \text{ k}\Omega$, TR112 a,
- 1 dioda 7NZ70 (9)
- 1 odporník $180 \text{ }\Omega$, TR112 a,
- 1 odporník $0,22 \text{ M}\Omega$, TR112 a,
- 2 doutnavky miniaturní, v bakelitovém krytu (7),
- 1* odporný trimr $0,1 \text{ M}\Omega$ (1) 1* odporný trimr $10 \text{ k}\Omega$ (1).

Součástky označené hvězdičkou lze výhodně zakoupit v bazaru a čísla v závorkách jsou ceny na 1 ks v Kčs.

Magnetrony – srdce radaru

Dlouho utajované, za druhé světové války vyvinuté moderní mikrovlnné elektronky – magnetrony – jsou stále srdcem radiolokačních zařízení. Slouží zde jako výkonové zdroje mikrovlnných kmitočtů. Přesnost celého zařízení je přitom dána přesnosti použitých magnetronů. Typickým příkladem magnetronu pro moderní radarová zařízení pro letištní a přístavní zabezpečovací službu jsou rychle přeladitelné spolehlivé magnetrony typu M5059 English Electric Valve Co. Ltd. Jejich konstrukce využívá zcela nové metody rychlého kmitočtového přeladování v pásmu Q (Ka), tj. na kmitočtech v rozmezí $34,5$ až 38 GHz .

Ladění magnetronu je zajištěno piezoelektrickým měničem, na jehož vstup se přivádí střídavé řídicí napětí s kmitočtem do 1 kHz . Díky velké impedanci měniče vyžaduje ladění jen malý buďcí výkon. Vstavěný ladicího mechanismu dovnitř vakuové dutiny magnetronu je naprosto vyloučeno dříve používané nespolehlivé mechanické ložisko a zajištěno dokonalé ladění. Magnetron má výstupní výkon 50 kW , pracuje s krátkými impulsy 25 až $500 \mu\text{s}$, velkým poměrem strmosti napěťových pulsů $350 \text{ kV}/\mu\text{s}$ a činitelem plnění $0,0005$ při anodovém napětí špičkovém 15 kV , anodovém proudu špičkovém $15,5 \text{ A}$. I při tomto velkém výkonu měří magnetron včetně magnetu jen $197 \times 162 \times 117 \text{ mm}$, váží $4,8 \text{ kg}$.

Sž

Podle EEV PR. 422

Šestý ročník konkursu AR a Obchodního podniku TESLA na nejlepší amatérské konstrukce

Uveřejňujeme podmínky dalšího, šestého ročníku konkursu AR-TESLA, jehož cílem je jednak podnítit radioamatéry k tvořivé práci jednak umožnit i profesionálním pracovníkům v elektronice, aby svými „mimoslužebními“ pracemi pomohli rozšiřovat pestrost publikovaných konstrukcí.

Podmínky tohoto šestého ročníku konkursu zůstávají stejné jako v minulých letech. Konkurs je neanonymní.

Podmínky konkursu

- Účast v konkursu je zásadně neanonymní. Může se ho zúčastnit každý občan ČSSR. Konstruktér, který se do konkursu přihlásí, označí žádanou dokumentaci svým jménem a plnou adresou, příp. i dalšími údaji, jak je možno vejít s ním v co nejkratším čase do styku, např. s telefonním číslem do bytu, do zaměstnání, s přechodným bydlištěm atd.
- Konkurs je rozdělen na tři kategorie. V kategorii I a II musí být v konstrukci použity jen součástky, dostupné v běžné prodejní síti, v kategorii III součástky čs. výroby (tedy i součástky, které je možno získat přímým jednáním s výrobním podnikem).
- K přihlášce, zaslанé do 15. září 1974 na adresu redakce s výrazným označením KONKURS, musí být připojena tato dokumentace: podrobné schéma, naměřené vlastnosti, mechanické výkresy, kresby použitých desek s plošnými spoji, reprodukce schopné fotografie vnějšího i vnitřního provedení (9 × 12 cm), podrobný popis činnosti a návod k praktickému použití přístroje; vše zpracované ve formě článku. Nebudě-li dokumentace kompletní, nebude konstrukce hodnocena.
- Každý účastník konkursu je povinen dodat na požádání na vlastní náklady do redakce přihlášenou konstrukci a dát ji k dispozici k potřebným zkouškám a měřením.
- Do konkursu mohou být přihlášeny pouze konstrukce, které nebyly dosud na území ČSSR publikovány. Redakce si přitom vyhražuje právo na jejich zveřejnění.
- Přihlášené konstrukce bude hodnotit komise, ustavená po dohodě pořadatelů. Její složení bude oznámeno dodatečně. Komise si může vyžádat i spolupráci specializovaných odborníků a laboratoří n. p. TESLA. Členové komise se nesmějí konkursu zúčastnit. Návrhy komise schvaluje s konečnou platností redakční rada AR v dohodě s obchodním podnikem TESLA.
- Při hodnocení konstrukcí se bude kromě jejich vlastností a technického a mechanického provedení zvláště přihlížet k jejich reproduktelnosti, k uplatnění nových součástek a k původnosti zapojení a konstrukce, pokud by

konstrukce byly jinak rovnocenné. Přednost v hodnocení budou mít ty konstrukce, které mají širší využití, např. vzhledem k ryze průmyslovým aplikacím.

- Bude-li kterákoli kategorie obeslána mimořádným počtem konstrukcí odpovídající úrovně, budou druhá a třetí cena v příslušné kategorii zdvojeny, tj. budou vyhlášeny dvě druhé a třetí ceny v původně stanovené výši. Naopak si pořadatelé vyhrazují právo neudělit kteroukoliv z cen a odpovídající částku převést na další ceny do těch kategorii, které budou nejlépe obeslány, popř. udělit čestné odměny ve formě poukázkem na zboží.
- Všechny konstrukce přihlášené do konkursu, které budou uveřejněny v AR, budou běžně honorovány, a to bez ohledu na to, zda získaly nebo nezískaly některou z cen.
- Veškerá dokumentace konstrukcí, které nebudou ani odměněny, ani uveřejněny, bude autorům na vyžádání vrácena.
- Výsledek konkursu bude všem odměněným sdělen písemně do 15. 12. 1974 a otištěn v AR 1/1975.

Kategorie konkursu

Kategorie byly podle vyspělosti a zájmů účastníků zvoleny takto:

I. kategorie

– stavebnice jednoduchých přístrojů pro začátečníky a mírně pokročilé radioamatéry (především pro mládež od 14 do 18 let). Jde o jednoduchá zařízení, např. rozhlasové přijímače, bzučáky, domácí telefony, zesilovače a různá jiná užitková zařízení, která by mohla obchodní organizace TESLA prodávat jako soubor součástek ve formě stavebnic pro mládež a začínající amatéry. Pokud půjde o konstrukce na plošných spojích, bude je dodávat prodejna Svazarmu, Praha 2-Vinohrady, Budečská 7 (telef. 250733).

Tato kategorie je rozdělena do dvou větví a do tována cenami takto:

a) pro začátečníky:

1. cena: 1 500 Kčs v hotovosti a poukázka na zboží podle vlastního výběru v prodejnách TESLA v hodnotě 500 Kčs,

2. cena: poukázka na zboží v hodnotě 1 000 Kčs.

3. cena: poukázka na zboží v hodnotě 500 Kčs.

b) pro mírně pokročilé:

1. cena: 1 500 Kčs v hotovosti a poukázka na zboží podle vlastního výběru v prodejnách TESLA v hodnotě 500 Kčs,

2. cena: poukázka na zboží v hodnotě 1 000 Kčs,

3. cena: poukázka na zboží v hodnotě 500 Kčs.

II. kategorie

– libovolné konstrukce z nejrůznějších oborů elektroniky a radiotechniky (přijímací a vysílací, televizní a měřicí technika, nízkofrekvenční a stereofonní technika, aplikovaná elektronika, automatizace a technika pro průmyslové využití atd.). Jediným omezením v této kategorii je použití maximálně

šesti aktivních prvků, přičemž aktivním prvkem se rozumí elektronka, tranzistor, popřípadě integrovaný obvod.

Kategorie je dotována takto:

- 1. cena:** 2 000 Kčs v hotovosti,
- 2. cena:** poukázka na zboží podle vlastního výběru v prodejnách TESLA v hodnotě 1 500 Kčs,
- 3. cena:** poukázka na zboží v hodnotě 1 000 Kčs.

III. kategorie

– libovolné konstrukce z nejrůznějších oborů elektroniky a radiotechniky s více než šesti aktivními prvky.

Kategorie má tyto ceny:

- 1. cena:** 3 000 Kčs v hotovosti,
- 2. cena:** poukázka na zboží podle vlastního výběru v prodejnách TESLA v hodnotě 2 500 Kčs,
- 3. cena:** poukázka na zboží v hodnotě 2 000 Kčs.

Tematické prémie

Vypisovatelé konkursu se dohodli, že pro letošní rok vypíší zvláštní odměny, tzv. tematické prémie, za konstrukce, které vyplývají jednak z potřeb při realizaci usnesení strany a vlády o práci s mládeží a jednak ze snahy podnítit a dokumentovat tvořivou schopnost československých amatérských i profesionálních pracovníků v elektronice.

Obchodní podnik TESLA vypisuje tyto zvláštní tematické prémie:

- 1. Za konstrukci generátoru „mříží“ pro opravy televizorů.** Přístroj má sloužit externí práci servisního technika. Má generovat televizní obrazový signál, obsahující 8 vodorovných a 12 svislých pruhů, umožňující nastavení geometrie obrazu, linearity a statické i dynamické konvergence. Výstupní signál musí být ve II. TV pásmu ve 3. kanálu (s odchylkou max. 2 MHz). Jeho napětí musí být plynule regulovatelné od nuly do 10 mV na symetrické výstupní impedanci 300 Ω . (Poukázky v hodnotě 2 000 Kčs).

- 2. Za unikátní výrobek ze spotřební elektroniky** (přijímač, reproduktorská soustava atd.), který by případně mohl n. p. TESLA později vyrábět sériově. (Poukázky v hodnotě 2 000 Kčs).

Redakce AR vypisuje tyto tematické prémie:

- 1. Za řešení univerzální skříně na přístroje,** která by byla řešena stavebnicově, co nejjednodušejí, a kterou by bylo možno sestavit i s minimálním mechanickým vybavením. (Poukázky v hodnotě 2 000 Kčs).
- 2. Za seriál článků,** který by za pomocí stavebnice nebo jednoduchých názorných pomůcek vysvětloval základy elektrotechniky a radiotechniky (6 pokračování, rozsah jednoho článku asi 3 až 5 str.). (Poukázky v hodnotě 2 000 Kčs.) Seriál nesmí však v žádném případě nahrazovat učebnici! Jde nám o ziskání všeestranně použitelné, jednoduché pomůcky, která by byla vhodná při výuce, výcviku a vůbec při práci s mládeží, jak ve Svazarmu, tak např. i v zájmových oddilech Pionýrské organizace SSM apod.

OBSAH

Cejchování vertikálního zesilovače	4
Cejchování časové základny, měření sinusového napětí	5
Měření efektivní hodnoty střídavého napětí	6
Cejchování horizontálního zesilovače měření proudu	7
Měření rozkmitu napětí pravoúhlého průběhu	8
Měření střední hodnoty napětí pravoúhlého průběhu	8
Měření voltampérové charakteristiky napěťově závislého odporu	9
Měření voltampérové charakteristiky diody	9
Měření voltampérové charakteristiky polovodičové diody	10
Měření voltampérové charakteristiky doutnavky	10
Měření voltampérové charakteristiky diody diac	11
Měření charakteristiky Zenerovy (stabilizační) diody	11
Měření charakteristiky stabilizátoru, zjišťování průběhu napětí nastabilizátoru	12
Cívka v obvodu stejnosměrného proudu	13
Měření vlastností cívky	13
Měření indukčnosti cívky	14
Měření průběhu napětí na cívce a proudu cívkou	14, 15
Cívka v obvodu střídavého proudu	15
Fázový posuv napětí a proudu na cívce	16
Průběh napětí na kondenzátoru	17
Měření kapacity kondenzátoru	17
Měření proudu kondenzátorem	18
Kondenzátor v obvodu střídavého proudu	18

Fázový posuv na kondenzátoru	19	
Zkoušení vlivu změny dielektrik a kondenzátoru	20	
Paralelní rezonanční obvod, sériový rezonanční obvod	20	
Měření vlastností rezonančního obvodu	21	
Rozkmitání rezonančního obvodu	21	
Hysterezní křivka	22	
Transformátor při zkratu sekundárního vinutí	22	
Primární proud transformátoru	23	
Jednocestné usměrnění, dvoucestné usměrnění	23, 24	
Napěťové omezení	24	
Průběhy napětí na filtru	25	
Zjišťování průběhu napětí na členu RC	25	
Generátor kmitů pilovitého tvaru	26	
Zjišťování fázového posuvu	26	
Znázornění činnosti tyratronu, řízeného stejnosměrným napětím	27	
Tyatron, řízený fázovým posuvem	28	
Řízení tyristoru diodou diac	28	
Řízení prvku triac diodou diac	29	
Měření výkonu střídavého proudu	29	
Zkreslení náběhových hran signálu zesilovačem	29	
Srovnání světelného toku žárovky a zářivky	30	
Měření setrvačnosti fotoodporu	30	
Měření rychlosti otáčení	31	
Jiný způsob měření rychlosti otáčení	31	
Přepínací rychlosť kontaktů relé, zkoušení jazýčkových relé	32	
Měření rozsahu slyšitelnosti	33	
Kmitání ladičky	34	
Porovnání signálu sinusového a pravoúhlého průběhu	34	
Zjištění vlnové délky tónu	34	
Měření rychlosti zvuku ve vzduchu	35	
Konstrukce		
Snímač charakteristik tranzistorů FET a dalších polovodičových prvků	36	
Stejnosměrný nanoampérmetr a voltmetr s velkým vstupním odporem	41	
Stejnosměrný zesilovač pro osciloskop	44	
Moderní napájecí zdroje (dokončení z RK 2/74)		49
Sdružený řídicí komplet pro tyristorové regul. obvody	55	
Tranzistorový stabilizátor 250 V	58	
Šestý ročník konkursu AR - TESLA		61

RADIOVÝ KONSTRUKTÉR – vydává vydavatelství MAGNET, Praha 1, Vladislavova 26, telefon 260651-9 • Šéfredaktor ing. František Smolík • Redakce Praha 2, Lublaňská 57, tel. 296930 PSČ 120 00 • Redakční rada: K. Bartoš, V. Brzák, ing. J. Čermák, CSc., K. Donát, I. Harminc, L. Hlinský, ing. L. Hloušek, A. Hofhans, Z. Hradský, ing. J. T. Hyán, ing. J. Jaroš, ing. F. Králík, K. Novák, ing. O. Petráček, A. Pospíšil, L. Tichý, ing. J. Vackář, CSc., laureát st. ceny KG, ing. J. Zima, J. Ženíšek • Ročně vydeje 6 čísel. Cena výtisku 4,50 Kčs, pololetní předplatné 13,50 Kčs, roční předplatné 27 Kčs • Rozšířuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil MAGNET – administrace, Praha 1, Vladislavova 26, PSČ 113 66. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS – vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1 • Dohledací pošta 07 • Tiskne Polygrafia, závod 01, Svobodova 1, 128 17 Praha – Vyšehrad • Za původnost a správnost příspěvku ručí autor. Návštěvy a telefonické dotazy pouze po 14. hod. • Toto číslo vyšlo 22. května 1974.

© Vydavatelství Magnet Praha

ZÁSILKOVÁ SLUŽBA TESLA

PSČ 688 19 UHERSKÝ BROD

Moravská 92

vám pošle až do bytu na dobírku:

PŘIJÍMAČE, MAGNETOFONY, REPROSOUSTAVY, DIKTAFONY A KONVERTORY:

Toccata – SV, KV, VKV, DV. Malý stolní přijimač. Výhodou je napájení buď ze sítě 220 V nebo z baterií (4 ks, typ 144) 6 V. Cena 1 150 Kčs.

Song automatic – SV, KV, VKV, DV. Tranzistorový přijimač kabelkové velikosti. Napájení buď ze sítě 220 V nebo z baterií (6 ks, typ 83) 9 V. Cena 1 450 Kčs.

Autoradio Carina – SV, KV, VKV, DV. Ve spojení s držákem typu 1 PK 105 15 umožňuje provoz v autě jako autoradio. Cena 2 050 Kčs.

Galaxia – SV, KV I, KV II, VKV, DV. Plně tranzistorizovaný stolní přijimač. Napájení ze sítě 120 i 220 V. Cena 1 700 Kčs.

Magnetofon Pluto – dvoustopý, dvourychlostní. Napájení buď ze sítě pomocí síťového napáječe, nebo z vestavěných baterií či z autobaterie. Cena 1 830 Kčs. Možno objednat též brašnu za 48 Kčs a reproskříň za 355 Kčs.

Magnetofon B 60 – kazetový, dvoustopý, jednorychlostní. Napájení ze sítě. Cena 1 960 Kčs.

Magnetofon B 200 – kazetový, jednorychlostní, s vestavěným přijimačem VKV. Napájení ze sítě. Cena 2 470 Kčs.

Reprodukторové soustavy v rozložených sadách pro kutily a amatéry:

„ARS 725 S“ o obsahu 18 l za Kčs 108 (VC) a Kčs 205 (MC), „ARS 745 S“ o obsahu 35 l za Kčs 297 (VC) a Kčs 570 (MC). Jedná se o rozložené stavebnice, určené k zabudování do uzavřené skříně reproduktorové soustavy.

Diktafony: Kazetový bateriový diktafon „D8“. Cena 2 280 Kčs; síťový diktafon „DS-1“. Cena 2 730 Kčs.

PRO RADIOAMATÉRY, OPRAVÁŘE A KUTILY:

Zkoušečky napětí – typ „ZN 1“ pro zjišťování nízkých napětí v rozsahu 110 – 220 – 380 – 500 V (střídavých) a 110 – 220 – 440 – 500 V (stejnosměrných), dále fázového vodiče a pořadí fází. Cena 55,90 Kčs (VC) a 75 Kčs (MC). Typ „ZN 2“ pro zjišťování malých napětí 12 – 24 – 48 V (střídavých) a 12 – 24 – 50 V (stejnosměrných) a dále souvislosti elektrických obvodů. Cena 42,20 Kčs (VC) a 65 Kčs (MC). Typ „ZN 500“ pro zjišťování napětí 110 – 220 – 380 – 500 V (střídavých) a 110 – 220 – 440 – 500 V (stejnosměrných). Cena 18,80 Kčs (VC) a 65 Kčs (MC).

Miniaturní páječka MP 12 se zdrojem k pájení miniaturních součástí, tranzistorů, integrovaných obvodů apod. Napájení možné též z autobaterie. Cena včetně síťového zdroje ZT 12 (220 V) 76,90 Kčs (VC), 140 Kčs (MC).

PRO AUTOMOBILISTY:

Intervalový spínač autostěračů slouží pro ovládání stěračů skel, přičemž interval mezi jednotlivými kyvy je nastavitelný od 2 do 20 vteřin. Zamezuje tak zbytečnému a škodlivému tření stěračů o sklo při řídkém dešti či sněžení. Velmi jednoduchou montáž zvládne průměrně dovedný řidič sám podle návodu, přiloženého k výrobku. Cena 170 Kčs.

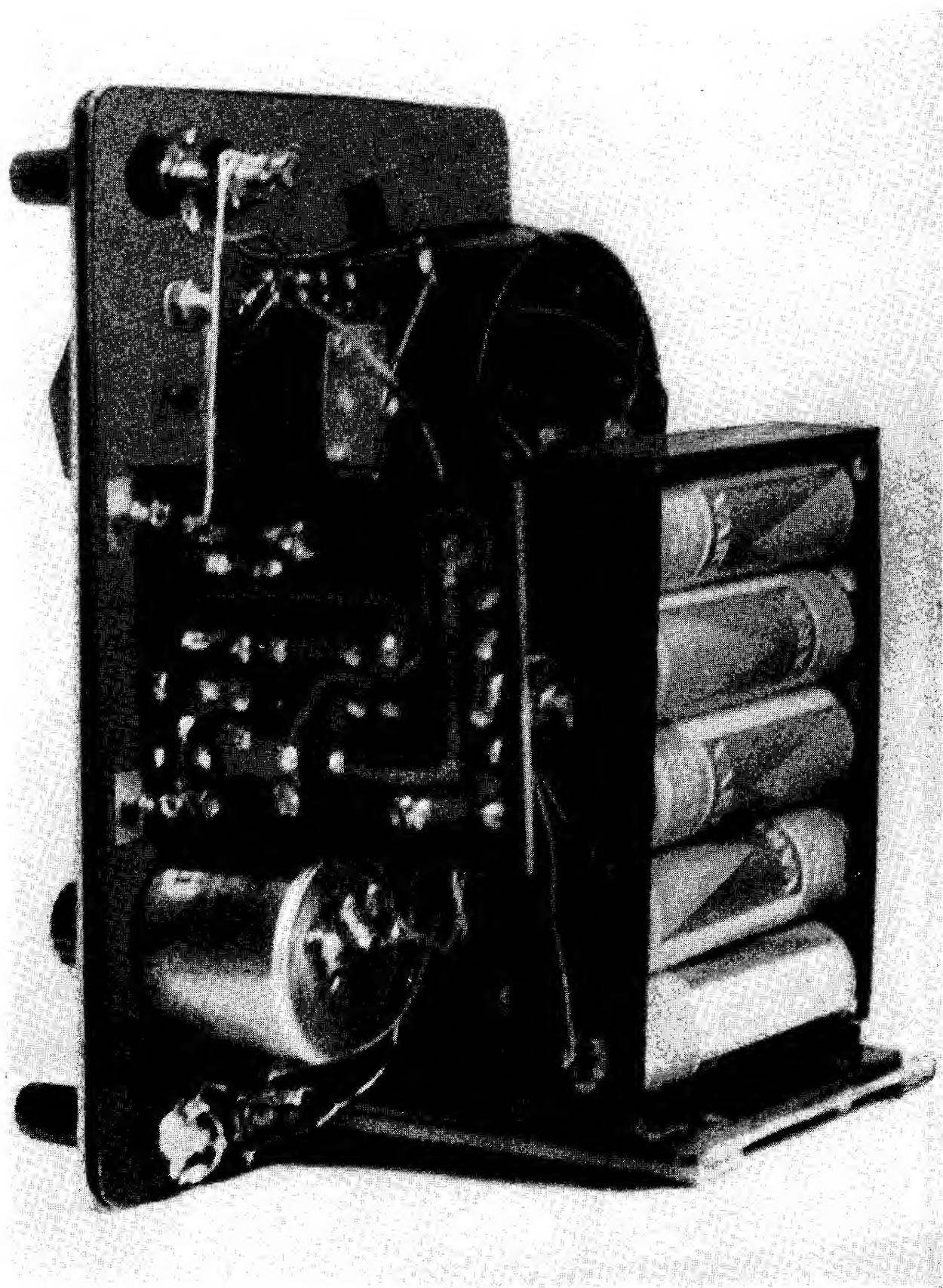
„Signál“ - akustické návěstidlo – „pípáním“ potvrzuje, že směrové blikače jsou v pořádku. Cena 48 Kčs

Magnetofonové pásky Orwo pro vaše dvoustopé magnetofony:

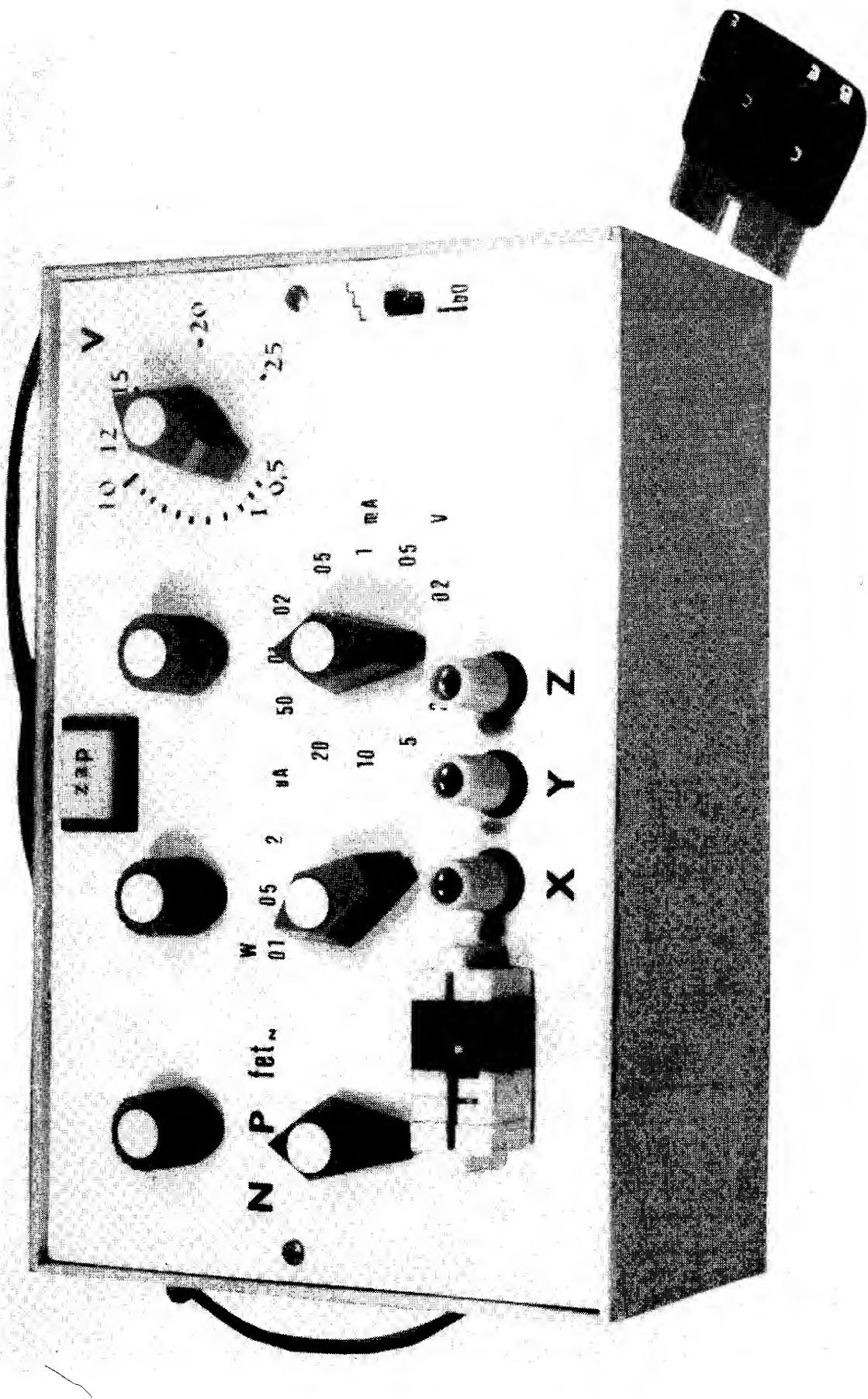
Rangers-Plavci + Petr Novák a Josef Laufer zpívají písň + Pějme písň dokola + Broučci + Music-box + Buřinky + Návštěvní den pánů Šimka a Grossmana + Greenhorns + Dechovky 2 + Junior-Speakers + Hity Pantonu.

Délka pásku 180 m – program 2 × 30 minut. Cena pásku s cívkou 50 Kčs. Dopodej zásob.

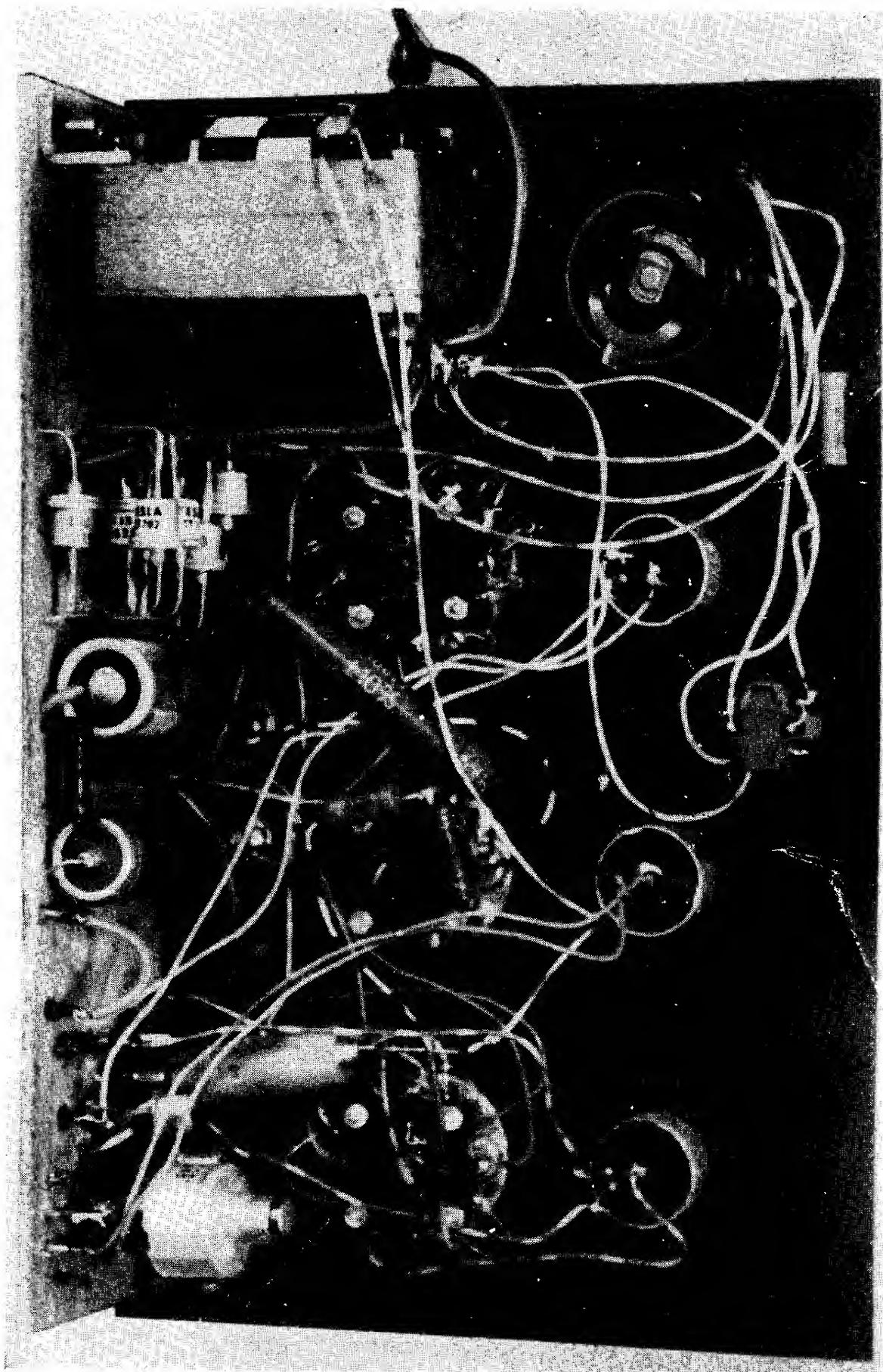
Objednávku pošlete na korespondenčním lístku.



Obr. 71. Vnitřní uspořádání přístroje (ke straně 43)



Obr. 64. Vzhled snímače charakteristik



Obr. 65. Vnitřní uspořádání snímače charakteristik